



Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

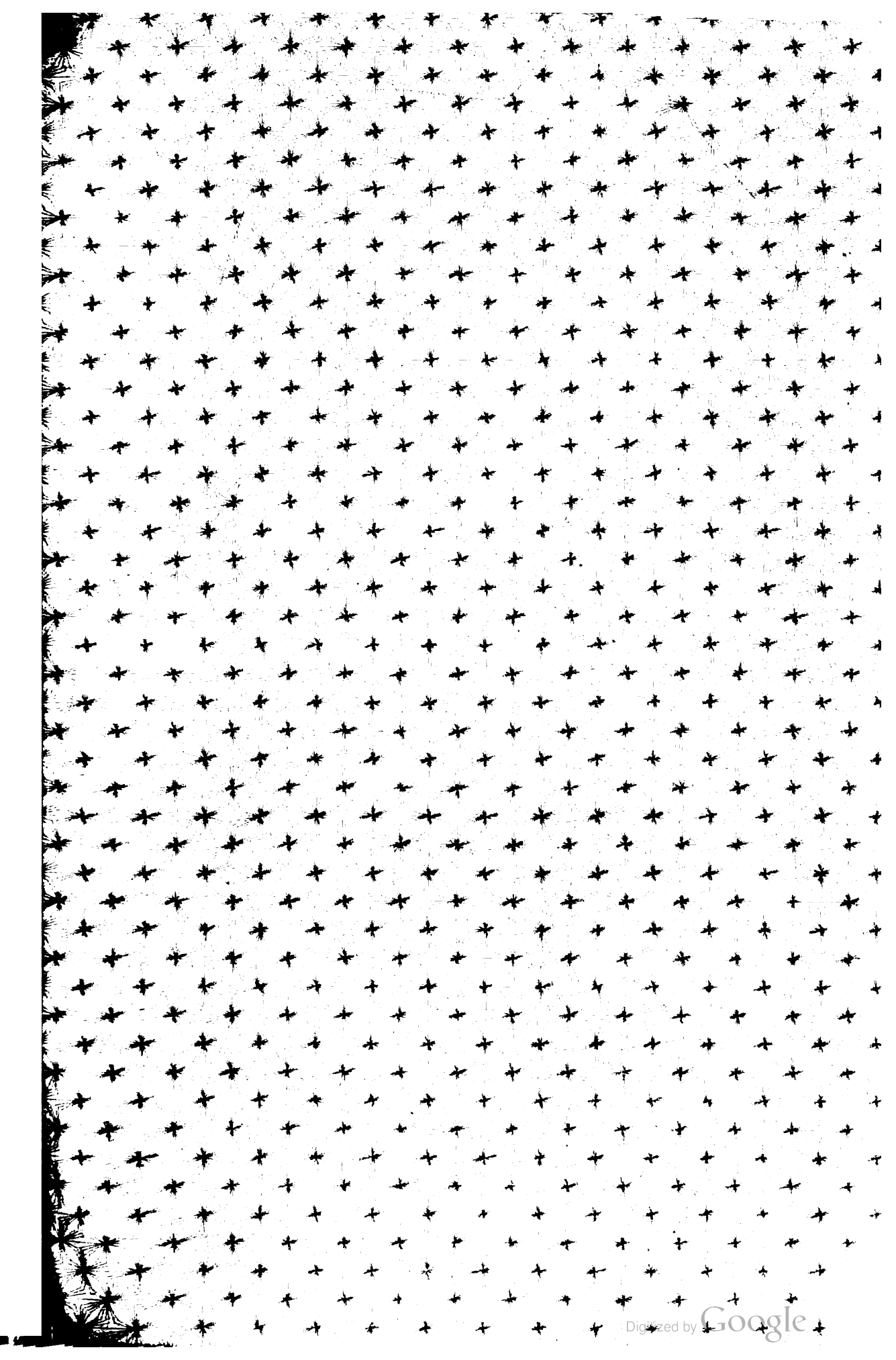
En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

The Library of



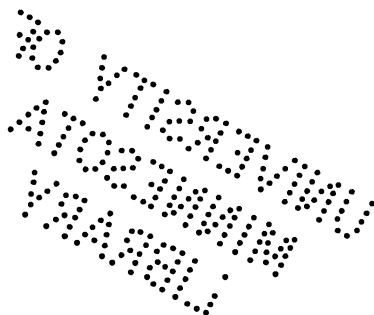
Class En 620.6

Book 9S011



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
255/6 Quai des Grands-Augustins, 55.



nom.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS A ÉTÉ RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE LE 7 DÉCEMBRE 1886.

TOME XV. — ANNÉE 1898.



SIÈGE SOCIAL }
LABORATOIRE } 12 et 14, rue de Staël,
à Paris.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1898



THE
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF
MICHIGAN
ANN ARBOR
MICHIGAN



En 620.6
9 5011

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Historique de la télégraphie sans fil (M. Voisenat), p. 7. — Recherches sur les aciers au nickel (M. G.-E. Guillaume), p. 40.

BIBLIOGRAPHIE, p. 56.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 60.

OUVRAGES OFFERTS, p. 62.

COMPTE RENDU
DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE
du mercredi 12 janvier 1898 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. J. VIOLLE, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8^h 35^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts pour la Bibliothèque (*voir* p. 62) et des demandes d'admission suivantes :

⁽¹⁾ La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

216541

MM.

Arno (Riccardo), Professeur au Musée industriel de Turin, à Turin. — Présenté par MM. Hillairet et Gosselin.

Azaria, Ingénieur, 5, rue Boudreau, à Paris. — Présenté par MM. J. Violle et Gosselin.

Bérard, Lieutenant de vaisseau, 26, rue Mirabeau, à Toulon (Var). — Présenté par MM. Darrieus et Delage

Brocq, Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Directeur de la *Compagnie des compteurs et matériels d'usines*, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris. — Présenté par MM. L. Violet et J. Carpentier.

Clerc (François-Alexandre-Amédée), Ingénieur-Conseil des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis-Marseille, 38, rue du Bac, à Paris. — Présenté par MM. de Perrodil et Chambrérent.

Descamps (Georges), 5, rue de l'Aqueduc, à Paris. — Présenté par MM. Eugène Sartiaux et G. Sciama.

Doyer (H.), Ingénieur électricien, 40, Phœnix straat, à Delft (Pays-Bas). — Présenté par MM. Giltay et Sabourain.

Fauché (Jean-Camille), Électricien de la Maison *Vilmorin et Andrieux*, 20, rue de la Reynie, à Paris. — Présenté par MM. Sabourain et Bélugou.

Girault (Paul-Eugène), Ingénieur, 75, rue du Cherche-Midi, à Paris. — Présenté par MM. Hospitalier et Bour.

Guenée (Albert-Charles-James), Constructeur, Lieutenant de vaisseau de réserve, 14, rue des Bois, à Paris. — Présenté par MM. Bouchet et Maurice Leroy.

Laurent (Victor-Constant), Co-concessionnaire de l'Exploitation pour la France et les Colonies de la lampe *Jandus*, Chef d'Exploitation, 26, boulevard Poissonnière, à Paris. — Présenté par MM. Sabourain et Gosselin.

Lévy (Amédée), Ingénieur adjoint à la Compagnie du Gaz de Bordeaux, Licencié ès Sciences mathématiques, 5, rue de Condé, à Bordeaux. — Présenté par MM. Vène et Renous.

Roustan (Bienvenu), Ingénieur, Directeur de la Station électrique de Perpignan, 4, cité Bartissol, à Perpignan (Pyrénées-Orientales). — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés à l'auteur du don suivant, en faveur de l'École supérieure d'Électricité :

M. BERNE..... 200 charbons pour lampe Brianne.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL PAR ONDULATIONS ÉLECTRIQUES.

M. VOISENAT. — La presse quotidienne a fait savoir, il y a quelques mois, qu'un inventeur italien, M. Marconi, avait trouvé le moyen de télégraphier sans employer de fils conducteurs. Il résulte, en effet, d'expériences effectuées en Angleterre et en Italie et reproduites dans plusieurs autres pays, qu'on a pu transmettre à travers l'espace libre, à une douzaine de kilomètres de distance, et même dépasser cette distance dans certaines circonstances spéciales. De là à imaginer qu'on parviendrait facilement à traverser l'Atlantique et à conclure que, dans un avenir éloigné, les câbles sous-marins, les lignes télégraphiques et les circuits téléphoniques deviendraient inutiles, il n'y avait qu'un pas, et quelques chroniqueurs n'ont pas hésité à le franchir.

La presse scientifique, à son tour, décrivant les procédés employés et consignait les résultats obtenus par M. Marconi, a ramené les prévisions à des proportions plus modestes et montré comment la disposition utilisée découlait des travaux de Hertz; elle a enregistré les revendications formulées par plusieurs savants qui ont découvert les propriétés utilisées et réalisé avant lui les appareils employés par M. Marconi; elle a enfin reproduit les arguments fournis par celui-ci, pour faire apprécier l'importance de son travail personnel.

D'après certains auteurs, M. Marconi n'aurait absolument rien inventé : son mérite, en la circonstance, aurait exclusivement consisté à lancer dans le grand public et dans les sphères gouvernementales, et cela au moyen d'une habile réclame et de hauts patronages, des procédés entièrement connus, décrits dans des publications remontant à plusieurs années et déjà considérés comme classiques dans l'enseignement des Universités. Peut-être cette polémique n'eût-elle pas atteint le caractère aigu auquel elle est arrivée si, connaissant davantage les antériorités de la question, M. Marconi n'eût revendiqué, comme lui étant propres, les procédés et les appareils dont il est question et s'il se fût borné à faire breveter leur utilisation à la transmission des signaux.

Nous allons exposer l'historique du problème, en nous tenant exclusivement sur le domaine scientifique et en dehors de toute considération de propriété industrielle et de validité de brevets, c'est-à-dire en nous basant seulement sur l'ensemble des documents publiés tant en France qu'à l'étranger. On en déduira facilement la part qui revient aux savants et aux praticiens, au sujet de cette application particulière.

I.

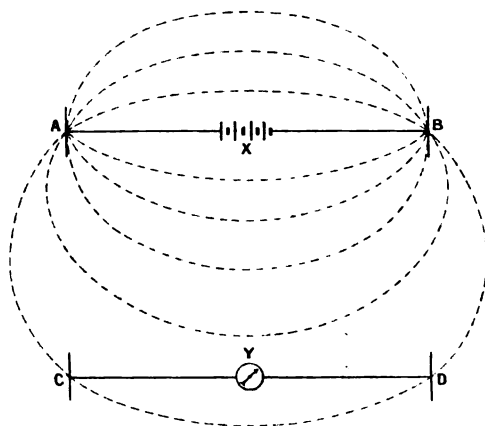
DIVERS PROCÉDÉS DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE SANS FIL CONDUCTEUR.

Remarquons d'abord que l'expression de *télégraphie sans fil*, par laquelle on désigne le procédé Marconi, prête un peu à l'ambiguïté, puisque le système Chappe et toutes les dispositions plus ou moins pratiques qui ont été proposées avant lui ne comportaient pas l'emploi de l'électricité et, par suite, ne nécessitaient pas de conducteurs; il en est de même des appareils optiques utilisés pour la télégraphie militaire, et, en fait, le système Marconi se rapproche beaucoup plus de la télégraphie optique, par les moyens qu'il emploie et par les services qu'on peut en attendre, que de la télégraphie électrique, telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui; la dénomination qui convient à ce système est celle de *télégraphie sans fil continu, par ondulations électriques*.

Il serait peut-être prématuré, à l'éclosion de ce système, de prétendre formuler les limites qu'il ne saurait dépasser; *mais, si l'on s'en tient aux faits acquis et aux analogies immédiates*, on peut considérer que la télégraphie par fil conducteur demeure encore le seul système susceptible d'une exploitation régulière, économique et à grand rendement, permettant d'échanger, dans un nombre indéfini de directions, des communications, sans indiscretion ni confusion, et cela à une distance illimitée. Les autres procédés ne peuvent être considérés que comme des expédients utilisables dans les circonstances exceptionnelles qui s'opposent à l'établissement ou au maintien d'un fil métallique. Les essais tentés dans ce sens, au moyen de l'électricité, se rapportent à trois genres de phénomènes : *conductibilité par les diverses couches du sol; induction électrostatique; induction électromagnétique*.

Communication par le sol. — Considérons deux plaques A et B (fig. 1), enfouies dans le sol, à une certaine distance l'une de

Fig. 1.



l'autre. Relions-les par un fil conducteur dans lequel nous placerons une pile. Le circuit se fermera par les diverses couches conductrices du sol, et des plaques C et D, enfouées à une certaine distance, prendront, du fait de la pile, une certaine différence de potentiel; si on les relie par un conducteur contenant un galvanomètre, cet appareil indiquera le passage d'un courant, lorsque la pile sera en activité, et reviendra au repos si l'on ouvre son circuit au moyen d'un interrupteur. On conçoit qu'on puisse, par ce procédé, établir, entre deux points X et Y, une communication électrique, alors même que ces stations sont séparées par un obstacle ne permettant pas de les relier par un fil continu; mais la mise en application comporte de sérieuses difficultés.

Expériences de Lindsay. — Dès 1831 un Écossais, James Bauman Lindsay, cherchait à communiquer au moyen de courants électriques transmis par l'eau et par le sol; en 1857 il parvenait à traverser les docks de Dundee et en 1859 il pouvait transmettre à travers l'embouchure du Tay, soit à une distance de 2 milles. Dans une Communication faite en 1859 à la *British association*, à Aberdeen, il proposait d'établir une relation à travers l'Atlantique, au moyen de deux stations situées dans la Grande-Bretagne (en Cornouailles et en Écosse) et deux autres convenablement choisies sur la côte amé-

ricaine. La pile, d'une part, le galvanoscope récepteur, d'autre part, auraient été installés sur le trajet d'un conducteur réunissant les deux stations conjuguées situées sur le même continent. Bien qu'ayant vivement attiré l'attention ce procédé ne fut pas mis à exécution et son auteur mourut dans une profonde misère (¹).

Expériences de M. Bourbouze. — Les recherches de Lindsay étaient complètement oubliées quand, en 1871, M. Bourbouze tenta d'établir une communication du même genre entre Paris et la province, à travers la zone occupée par les armées allemandes, au moyen du cours de la Seine. Une expérience préliminaire, faite sur une distance de quelques kilomètres, lui avait donné des résultats encourageants. Aux stations extrêmes, des plaques métalliques, placées l'une dans le cours du fleuve, l'autre dans la terre, à une certaine distance, étaient réunies par un conducteur; la pile représentait une centaine de volts, et le galvanomètre offrait une grande sensibilité. La conclusion de l'armistice rendit la communication inutile avant sa complète réalisation.

Il convient d'ailleurs de remarquer qu'à cette époque on était assez mal outillé pour mener tout à fait à bien une pareille entreprise, c'est-à-dire pour réaliser une installation permettant, non pas d'échanger quelques vagues signaux, mais d'assurer, à l'abri de toute erreur, une correspondance suivie.

On ne disposait, en effet, comme récepteur de haute sensibilité, que de galvanomètres à équipement astatique, revenant lentement au zéro, exposés à dévier sous la moindre perturbation magnétique et donnant la même indication sous l'action d'une perturbation que d'un courant de travail. Pour assurer la réception des signaux, il eût fallu employer des appareils à indications très rapides permettant de les répéter ou, mieux encore, des récepteurs décelant le rythme du courant et différenciant un signal d'une perturbation.

Expériences faites en Autriche et en Allemagne. — L'extrême sensibilité des récepteurs téléphoniques permettait d'effectuer les expériences qui précèdent avec plus de commodité et de chances de succès. C'est ce qui, d'après M. Hugo Wietz (²), a été fait en Autriche

(¹) *Dundee advertiser.*

(²) *Zeitschrift für Electrotechnik* (1^{er} avril 1895).

et en Allemagne. Les essais autrichiens (1880-1890) n'ont pas été publiés, pour des raisons d'ordre militaire.

Des expériences analogues furent faites, sur la demande du Gouvernement allemand, par l'*Allgemeine electric Gesellschaft*: on put échanger des signaux très distincts sur le *Van See*, près Potsdam, à une distance de 4500^m. L'emploi de courants alternatifs de diverses fréquences permettait d'établir plusieurs communications simultanées avec des appareils convenablement accordés. Les signaux acoustiques reçus pouvaient d'ailleurs être transformés en signaux imprimés par un enregistreur photographique dû au docteur Rubens.

Malgré le succès relatif de ces essais, on doit considérer ce procédé comme n'étant applicable qu'à des cas particuliers assez restreints.

Transmission par induction électrostatique. — Deux conducteurs isolés dans l'espace agissent l'un sur l'autre par influence électrostatique; les variations de charge de l'un d'eux peuvent être décelées sur l'autre si leur rapidité et leur intensité sont en rapport avec la sensibilité dont on dispose. Des essais de transmission à distance ont été tentés par ce moyen en employant comme récepteur un galvanomètre ou un téléphone et comme transmetteur une bouteille de Leyde ou une bobine de Ruhmkorff.

En particulier, Edison, qui, vers 1884, a tenté par divers moyens de réaliser la transmission sans fil, a eu recours à ce procédé. Il employait, comme armatures s'influençant mutuellement, des ballons captifs métallisés à la surface et reliés aux appareils par un câble conducteur. Les résultats obtenus dépendaient beaucoup de l'état hygrométrique de l'atmosphère. Ils ne furent pas jugés suffisants.

Transmission par induction électromagnétique. — Un téléphone, relié à un conducteur d'une certaine longueur, se prête particulièrement bien à la perception des variations rapides de l'état électrique d'un fil voisin. On sait que cette grande sensibilité a été considérée, au début de la téléphonie, comme un véritable obstacle à l'utilisation simultanée de plusieurs fils voisins. Lorsque deux lignes monofilaires ont un parcours parallèle de quelques kilomètres, on perçoit sur l'une toutes les conversations échangées sur l'autre, alors même que la distance qui les sépare atteint une centaine de mètres; avec

un écartement plus grand encore on peut déceler des courants plus puissants : une transmission télégraphique, par exemple. Cette particularité, qui oblige à constituer les lignes téléphoniques au moyen de deux fils posés en hélice, peut être utilisée pour communiquer d'un point à un autre, non plus en reliant ces deux stations par un fil continu, mais en disposant auprès de chacune d'elles une ligne transversale unifilaire, dans laquelle on place le récepteur téléphonique et un générateur avec une clef. Au lieu d'employer des fils rectilignes mis à la terre aux deux extrémités, on peut utiliser des cadres circulaires ou rectangulaires convenablement orientés et réaliser ainsi des dispositions convenant à chaque cas particulier.

C'est ainsi qu'en 1892 M. Preece réussit à communiquer à travers le canal de Bristol (3,3 milles anglais) au moyen d'un fil placé sur chaque rive; la source employée était une pile de 100 éléments Leclanché pourvue d'un rhéotome effectuant 260 interruptions par seconde. En 1895, ce procédé fut réellement utilisé, sur une distance d'environ 5 milles, pour assurer la communication télégraphique de l'île de Mull, dont le câble avait été rompu et ne pouvait être réparé immédiatement.

On essaya de constituer, par ce moyen, une communication permanente entre certains feux flottants et la côte. Les câbles télégraphiques utilisés dans ce but sont très rapidement rompus par l'agitation des flots. On forma une sorte de couronne au fond de la mer en immergeant plusieurs spires d'un câble relié au rivage, et l'on constitua une seconde couronne en enroulant un autre conducteur autour du bateau-phare. Le procédé ne donna satisfaction que lorsque la mer n'avait qu'une faible profondeur : avec 6 brasses d'eau on pouvait entendre la parole dans les téléphones; avec 15 brasses la communication télégraphique était excellente; à une profondeur plus considérable, elle devenait difficile; à 200 brasses, elle était tout à fait impossible.

Le procédé Edison, dont on a beaucoup parlé, il y a une dizaine d'années, permettant de faire communiquer une station avec un train en marche, repose sur le même principe. C'est encore une ligne fixe, longeant la voie, qui agit sur un conducteur tendu parallèlement. Il n'y a aucune difficulté théorique, mais l'application ne présente peut-être pas toute la sécurité qu'on attendait de ce système.

Photophone. — Rappelons enfin qu'on a proposé le photophone pour la transmission télégraphique sans conducteur. Quoique ce procédé n'ait donné lieu à aucune application utile, car il est encore plus limité par la distance et l'opacité de l'atmosphère que la télégraphie optique ordinaire, il mérite d'être cité ici, car son principe se rapproche beaucoup de celui qui nous occupe.

L'organe essentiel du photophone est un morceau de sélénium, substance isolante en temps ordinaire, qui devient instantanément conductrice sous l'action des radiations lumineuses, et qui perd cette propriété dès que l'excitation disparaît.

Le système télégraphique se compose d'une plaque de sélénium reliée par deux électrodes à une pile et à un téléphone, et disposée dans une monture qui permet de l'exposer aux rayons lumineux envoyés par la station correspondante. Un dispositif produisant des interruptions très rapides du faisceau lumineux provoque et fait disparaître la propriété conductrice et par suite donne lieu à un courant discontinu qui fait vibrer la plaque du téléphone.

La transmission consiste à démasquer la source pendant un temps court ou long, de manière à produire dans le téléphone un son bref ou prolongé, c'est-à-dire à former deux signaux distincts correspondant au point et au trait du code Morse.

Le procédé Marconi repose sur un principe identique : il comprend un organe qui, comme le sélénium, est isolant en temps ordinaire, et qui est rendu conducteur par des ondulations transmises à travers l'espace ; mais ces ondulations sont électriques, tandis que dans le photophone elles sont lumineuses. Il y a d'ailleurs certaines analogies entre ces deux genres d'ondulations.

II.

Expérience de Hertz. — Dès 1864, Maxwell montra qu'il était possible d'expliquer les phénomènes lumineux en les considérant comme des cas particuliers de l'électromagnétisme. Comme, d'ailleurs, toutes les expériences déduites de la théorie de Fresnel prouvent que les manifestations lumineuses sont dues à des vibrations mécaniques d'une fréquence extrêmement considérable, si la manière de voir de Maxwell est fondée, on doit pouvoir réaliser, au

moyen de l'électricité, des phénomènes **vibrateurs** présentant les caractères généraux qu'on rencontre en Optique.

C'est ce qu'a montré expérimentalement Henri Hertz en 1888.

Aucun dispositif mécanique ne permettant d'obtenir des **variations** électriques d'une rapidité comparable à celle des vibrations lumineuses (500 trillions par seconde), Hertz eut recours à une propriété découverte en 1847 par Helmholtz, vérifiée expérimentalement par Feddersen, et dont la théorie complète a été donnée plus tard par Lord Kelvin : l'oscillation de la décharge de la bouteille de Leyde.

Lorsqu'on décharge un condensateur de capacité C, dans un circuit de résistance R et de self-induction L, le courant ainsi produit est continu si ces éléments satisfont à l'inégalité

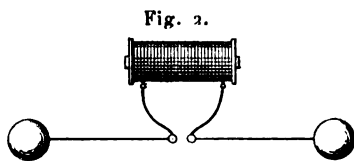
$$R > \sqrt{\frac{4L}{C}};$$

il est alternatif dans le cas contraire et la durée de la période d'oscillation est

$$T = \frac{\pi \sqrt{CL}}{v},$$

v étant la vitesse de propagation électrique. L'amplitude des oscillations décroît d'ailleurs suivant la même loi que celle d'un diapason ébranlé par un choc et dont le mouvement n'est pas entretenu.

L'expression de T montre que la durée d'une vibration est d'autant plus courte que la capacité et la self-induction sont moindres. Les condensateurs à grande surface employés dans la télégraphie et même les bouteilles de Leyde des laboratoires ont une capacité trop considérable et ne conviennent pas pour la production d'ondes très rapides. Hertz employait (*fig. 2*) un système de deux sphères reliées



respectivement à deux petites boules par un conducteur rectiligne assez court. L'étincelle oscillatoire éclatait entre les deux boules. Pour obtenir des vibrations continues, il recourait à un artifice ana-

logue à celui qu'on emploie pour entretenir les diapasons; il reliait les deux grandes sphères aux bornes d'une bobine de Ruhmkorff qui, à chaque alternance du courant induit, renouvelait leur charge. La présence du circuit secondaire de la bobine, dont l'impédance est énorme, ne modifie pas le régime oscillatoire du système.

L'ébranlement électrique ainsi produit se propage, à travers l'espace, suivant toutes les directions, comme le ferait une émission sonore ou lumineuse. On peut constater cette propagation à distance au moyen de résonateurs appropriés. Hertz montra que ces ondulations traversent les milieux isolants, se réfléchissent, se dispersent et se réfractent partiellement à la surface de séparation de deux milieux différents, sont complètement arrêtées par une faible couche conductrice, peuvent donner lieu à des interférences, etc.

Le résonateur employé par Hertz consiste en un fil métallique, courbé en cercle et terminé à ses extrémités par deux petites boules très rapprochées, entre lesquelles se produisent des étincelles quand l'orientation est convenable.

Sans insister davantage sur les conséquences philosophiques des expériences de Hertz et des savants qui ont complété ses travaux et précisé quelques points, nous indiquerons certaines modifications apportées aux onduleurs et plusieurs procédés utilisés, concurremment avec le résonateur de Hertz, pour déceler les oscillations électriques.

Onduleurs. — Dans la construction de son oscillateur, Hertz avait surtout songé à réaliser un appareil dont la forme se prêtât aux calculs qu'il avait en vue. Il présente plusieurs inconvénients et, lorsqu'on ne poursuit pas le but spécial que se proposait Hertz, il y a avantage à prendre une disposition différente. Les étincelles qui éclatent entre les petites boules de laiton oxydent et rendent rugueuses les surfaces, le fonctionnement devient irrégulier et il faut les polir très fréquemment. MM. Sarrazin et de la Rive ont fait disparaître cet inconvénient en plaçant ces boules dans un récipient contenant de l'huile d'olive.

M. Righi a montré qu'un liquide isolant augmentait notablement la puissance d'un onduleur. A l'huile d'olive il préfère l'huile de vaseline convenablement épaissie par l'addition de vaseline. Son onduleur se compose de deux sphères métalliques; chacune est

encastrée dans un cadre d'ébonite; une enveloppe de parchemin entourant ces cadres constitue un récipient étanche dans lequel se trouvent les deux hémisphères en regard; le liquide isolant est versé dans cette cavité. Le système est excité par deux boules situées à l'extérieur, de part et d'autre, et ayant pour axe le diamètre commun.

M. Righi attribue l'augmentation de puissance d'un onduleur contenant de l'huile à ce que le potentiel nécessaire pour qu'une étincelle parte dans ce liquide est beaucoup plus élevé que pour une couche d'air de même épaisseur; l'énergie de cette étincelle est donc plus considérable. En outre, l'huile de vaseline régularise la production d'étincelles et il n'est plus indispensable de polir fréquemment les boules; même après un long usage, lorsque le liquide est devenu très noir et qu'un dépôt de carbone s'est formé sur les sphères, le fonctionnement est encore satisfaisant.

M. Righi montra enfin que les boules pleines donnent des résultats plus puissants que des sphères creuses et qu'on peut, avec elles, produire des oscillations qu'on perçoit à une distance presque double de celle qu'on peut atteindre avec des boules creuses de même diamètre et de même écartement.

Il est d'autant plus facile de mettre en évidence les analogies existant entre les vibrations lumineuses et les oscillations électriques que la longueur d'onde de ces dernières est plus petite; les grandes longueurs d'onde nécessiteraient des appareils d'une dimension exagérée. Hertz paraît n'avoir jamais produit d'ondulations ayant moins de 66^{cm} de longueur. On sait qu'il a démontré la réfraction des ondes électriques au moyen d'un bloc prismatique d'asphalte qui avait 1^m,50 de côté. Avec des sphères de petit rayon, M. Righi est arrivé à produire des ondes de 2^{cm},5. Des travaux analogues ont été effectués, à Calcutta, par le professeur Chunder Bose, au moyen d'un onduleur formé par trois petites billes de platine; en réduisant suffisamment le diamètre de ces billes, M. Bose a pu produire des ondes de 6^{mm}. Il n'est, paraît-il, pas commode d'expérimenter à ces limites extrêmes; mais, en se tenant un peu au-dessus, on peut encore opérer sur des échantillons de petites dimensions et avec des appareils qui se montent sur un banc d'optique. Ces onduleurs sont donc extrêmement intéressants au point de vue de la

démonstration dans les cours ou des recherches de laboratoire, mais ils ne se prêtent pas à l'emploi de sources électriques puissantes; ils ne comportent, par suite, que la mise en œuvre d'une médiocre quantité d'énergie et, *pour le moment du moins*, semblent convenir moins bien que les appareils de plus grandes dimensions pour l'émission d'ondes perceptibles à grande distance.

Différents modes de déceler les ondulations électriques. — La forme donnée par Hertz au résonateur n'est nullement obligatoire; cet appareil peut aussi bien être formé de deux conducteurs distincts, séparés par un petit intervalle d'air; plus cet intervalle est étroit, plus l'indicateur est sensible. M. Righi, mettant à profit cette observation qu'une étincelle éclate plus facilement entre deux conducteurs en contact avec un isolant qu'en liberté complète dans l'air, fabrique des résonateurs très sensibles au moyen de minces bandes de glace argentées, dont le métal a été rendu discontinu par un sillon léger tracé au diamant. Placé dans l'obscurité, cet indicateur décèle la présence d'ondulations à une distance assez considérable du centre de production.

MM. Sarasin et de la Rive ont montré qu'il n'y a pas, entre l'ondulateur et le résonateur de Hertz, le rapport simple que celui-ci avait supposé tout d'abord; l'ondulateur semble ne pas produire des oscillations d'une seule tonalité. Lorsqu'un ondulateur un peu puissant est en activité, on peut tirer de petites étincelles de tous les corps conducteurs situés dans son voisinage, en approchant d'eux un conducteur de médiocres dimensions. Ce fait est bien connu; il ne prouve pas qu'une certaine longueur de résonateur ne soit préférable à toute autre pour déceler les ondulations produites par un ondulateur déterminé, mais il montre que l'action des oscillations électriques s'étend à des corps qui n'ont pas de rapport simple de dimensions avec ceux qui répondent à la tonalité propre de cet instrument.

On a d'ailleurs recherché l'action des oscillations électriques sur les substances et les appareils les plus variés. On a trouvé que, de même qu'elles étaient sensibles aux radiations lumineuses, les plaques photographiques et les piles thermo-électriques sont actionnées par les rayons électriques; que le bolomètre est influencé par elles comme par la chaleur rayonnante, etc.

Les radiations électriques sont, en outre, susceptibles de produire certains phénomènes qui leur sont propres, parmi lesquels nous citerons la faculté curieuse d'amorcer le passage d'une décharge électrique.

Illumination des tubes à vide. — Zehnder a montré que, si les électrodes d'un tube à vide sont reliées aux pôles d'une pile, aucun courant ne traverse l'appareil, mais que le tube s'éclaire sous l'influence du courant de cette pile, lorsque le tube est frappé par des oscillations électriques.

Boltzmann a provoqué, par le même procédé, la charge d'un électroscope à travers un conducteur présentant une très étroite solution de continuité. En temps ordinaire, une pile, reliée à un électroscope par un semblable conducteur, ne provoque aucune déviation des feuilles d'or, mais elle le charge dès que des oscillations électriques sont produites dans le voisinage du tube. Cette action est vraisemblablement du même genre que celle qui se produit dans les corps pulvérulents que nous allons maintenant examiner.

Influence des ondulations électriques sur la conductibilité de certaines substances en contact imparfait. — En 1890 et 1891, M. Branly, professeur à l'Université catholique de Paris, publia plusieurs Mémoires sur la modification de conductibilité qu'occasionnent diverses influences électriques dans certaines substances présentant des contacts imparfaits.

Les couches métalliques minces, déposées chimiquement sur des plaques isolantes, les grenailles, limailles, poudres de substances conductrices, etc., présentent, sous cette forme, une très médiocre conductibilité; souvent leur résistance se chiffre par plusieurs mégohms. Si l'on vient à faire éclater, sur elles ou dans leur voisinage, des étincelles électriques, ou, mieux encore, si l'on produit la décharge d'un condensateur, leur résistance s'abaisse brusquement et peut tomber à quelques ohms. La conductibilité ainsi acquise se conserve pendant un temps plus ou moins long, suivant la nature et l'état de division des substances; les trépidations et diverses actions physiques facilitent le retour à la grande résistance primitive; un choc la rétablit instantanément.

M. Branly a fait une étude complète de la question en opérant sur des corps très variés. Il a découvert dans quelques-uns des ano-

malies. Il a déterminé l'influence de la compression des substances, de leur état de division, de leur agglutination par certaines résines, de leur suspension dans des liquides isolants, etc.

La disposition qu'il employait le plus souvent consistait à introduire la substance à étudier dans un petit tube d'ébonite fermé par deux pistons métalliques servant d'électrodes et sur lesquels il exerçait une pression graduée; il faisait les mesures au pont de Wheatstone.

M. Branly a observé les variations de conductibilité occasionnées par diverses formes d'excitation électrique; petites étincelles produites par l'approche d'un corps électrisé par frottement, aigrettes d'une machine statique, étincelles d'une bobine de Ruhmkorff, électrisation d'un point de circuit par contact avec une armature de la bouteille de Leyde, passage d'un courant induit dans la substance sensible, passage d'un courant de force électromotrice élevée. Entre tous ces moyens, il signale, comme particulièrement efficace, la décharge oscillatoire d'un condensateur.

Les Mémoires de M. Branly se terminent par un essai d'interprétation du phénomène. L'auteur ne semblait pas, à cette époque, croire que la propriété si soigneusement étudiée fût susceptible d'applications pratiques (¹). Il n'est pas inutile de faire remarquer que son mérite n'est nullement diminué par cette réserve et qu'il est juste de rendre hommage à tout travail entrepris sans préoccupation de profit immédiat et consciencieusement accompli, dans le seul but d'enrichir la Science d'une étude nouvelle.

Expériences de Calzecchi. — M. Branly avait été précédé dans la voie où il a effectué ses recherches par un professeur italien, M. Temistocle Calzecchi-Onesti, qui, en 1884 et 1885, a publié dans le *Nuovo Cimento* les résultats qu'il avait obtenus.

L'expérience typique de Calzecchi est intéressante pour l'objet qui nous occupe. Ayant disposé une petite quantité de limaille de

(¹) L'expérience ci-dessus, citée de mémoire, ne reproduit pas exactement le texte du *Bulletin de la Société de Physique* où M. Branly a exposé son travail. Elle a été interprétée dans un sens que je n'ai pas eu l'intention de lui donner. J'ai entendu marquer une étape de la question qui nous occupe et non faire une critique d'un travail fondamental dont j'apprécie toute l'importance. On trouvera au *Bulletin* une Note présentée à ce sujet par M. Branly dans la séance du 2 février.

cuivre entre deux pièces de laiton, il constata au moyen d'une pile et d'un galvanomètre que, suivant le degré de tassement, la poudre était conductrice ou isolante et que ce dernier cas présentait de curieuses particularités. Au circuit comprenant déjà le tube à limaille et le galvanomètre Wiedemann, il ajoutait un téléphone et un commutateur à mercure permettant d'éliminer à volonté le tube à limaille et le galvanomètre et de les remplacer par un court-circuit. Ceci préparé, il constatait, au moyen du galvanomètre, que le tube ne donnait passage qu'à un courant très faible. Il introduisait alors le court-circuit : un choc produit dans le téléphone indiquait l'existence d'un courant assez intense. Enlevant le court-circuit et rétablissant le tube et le galvanomètre, il constatait que le tube était devenu conducteur. Il montra d'ailleurs que cet effet était dû à l'extra-courant d'ouverture prenant naissance dans la bobine du téléphone. Il vérifia le fait avec diverses poudres et reconnut que certaines d'entre elles devenaient conductrices sous l'action de cette simple étincelle d'extra-courant, tandis que d'autres n'étaient modifiées que par l'action plus puissante des machines statiques.

Les expériences de Calzecchi qui, au moment de leur publication, ne se rattachaient à aucune question importante à l'ordre du jour tombèrent dans l'oubli. M. Branly, qui a soigneusement indiqué les travaux qui touchaient à ses propres recherches au moment où il les a publiées, les ignorait certainement et il a fallu que les polémiques suscitées par les revendications Marconi prissent le caractère aigu qu'elles ont acquis pour que ce Mémoire fût tiré de l'oubli.

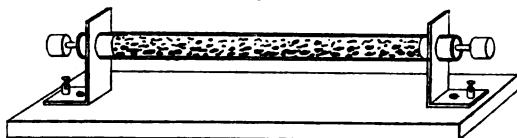
Travaux de M. Lodge. — C'est M. Oliver Lodge qui a montré tout le parti qu'on pouvait tirer des tubes à limaille comme indicateurs d'ondulations électriques, et c'est exclusivement par les publications de M. Branly qu'il a connu la propriété des corps très divisés. M. Lodge semble attribuer exclusivement aux ondulations hertziennes la propriété d'orienter, d'agréger, de *cohérer*, suivant son expression, les substances pulvérulentes pour leur donner la conductibilité. Il a montré que cette conductibilité pouvait être attribuée à une soudure des diverses particules faite sous l'action de l'étincelle minuscule jaillissant entre deux parcelles voisines, mais séparées par une très mince couche d'oxyde ou par un très petit intervalle d'air. On

sait, en effet, que, lorsqu'une étincelle éclate entre deux pièces métalliques très voisines, elle en provoque fréquemment la soudure. M. Branly ne partage pas complètement la manière de voir de M. Lodge et trouve impropre le nom de *coherer* donné aux tubes à limailles; il propose celui de *radio-conducteur*. Sans indiquer de préférence relativement à l'explication du phénomène, nous emploierons par la suite le mot *coherer*, parce qu'il est déjà en usage et parce qu'il est plus court.

Quoi qu'il en soit du mécanisme intime de son fonctionnement, M. Lodge employa le tube à limaille depuis 1893 tant pour ses recherches de laboratoire que pour montrer les propriétés des ondes hertziennes, dans son cours, à l'Université de Liverpool. Son dispositif comprend un *coherer*, une pile et un galvanomètre aperiodique. En temps ordinaire, cet appareil n'indique qu'un faible courant, mais sa déviation augmente brusquement dès que le *coherer* reçoit des ondulations électriques. Entre certaines limites, l'écart du galvanomètre peut donner une idée de l'intensité de l'excitation électrique. La déviation demeure d'ailleurs acquise et ne disparaît que si l'on imprime un léger choc au *coherer* pour restaurer son isolement.

Les tubes de M. Branly étaient des appareils de recherches, lui permettant de comparer sur des substances variables et dans des conditions diverses des actions électriques bien définies. Les *coherers* de M. Lodge sont des instruments invariables servant à déceler les ondulations électriques et à en mesurer plus ou moins grossièrement l'intensité. Parmi les diverses formes qu'a données M. Lodge à cet indicateur, la plus fréquemment employée est représentée par la *fig. 3* : c'est un tube d'une dizaine de pouces de

Fig. 3.



longueur, rempli de copeaux métalliques et pourvu d'un fil de connexion à chaque extrémité; ce tube est, soit en libre communication avec l'atmosphère, soit scellé après raréfaction. Ces appareils peu-

vent être rapprochés des microphones à grenaille de charbon. M. Lodge construisit un dispositif d'une grande sensibilité, mais d'un emploi moins commode, qu'on peut comparer au microphone à un seul contact de Hughes : il se compose d'une aiguille à coudre reposant par sa pointe sur une plaque d'aluminium ; en temps ordinaire, le système n'est pas conducteur, mais les ondulations électriques effectuent la liaison des deux pièces métalliques, soit par soudure réelle, soit par déchirure mécanique ou réduction chimique de la pellicule d'oxyde qui les sépare,

Dans ses expériences, M. Lodge décohérait soit à la main, chaque fois qu'il était nécessaire, soit au moyen d'un dispositif automatique commandé par l'instrument lui-même. Puisque celui-ci devient conducteur, on peut lui faire fermer le circuit d'une sonnerie à trembleur dont le marteau frappe sur le tube pour produire la décohérence. M. Lodge, qui a tout d'abord essayé cette disposition, a reconnu qu'elle présentait un inconvénient : les étincelles d'extracourant qui se produisent dans la sonnerie, comme dans les expériences de Calzecchi, excitent le tube à leur tour, d'où résulte, si l'on n'y prend garde, une conductibilité quasi permanente. Il fut conduit à opérer la rupture du circuit de la sonnerie à une certaine distance du *coherer*, puis à s'affranchir complètement de cette sujétion en provoquant l'ébranlement du tube au moyen d'un mouvement d'horlogerie. La variation de conductibilité s'observait alors au galvanomètre.

Les expériences qu'il avait en cours amenèrent M. Lodge à déceler, à l'aide du *coherer*, des oscillations électriques à une quarantaine de mètres de l'excitateur. Dans une conférence faite à Oxford, en 1894, au meeting de l'Association britannique, il a exposé les appareils qui lui avaient servi dans ces recherches ; il a même émis l'opinion que cet appareil ne cesserait guère de fonctionner qu'à la distance d'un demi-mille, mais il s'empressait d'ajouter qu'il n'avait fait aucune recherche pour déterminer cette limite.

Depuis la publication des résultats obtenus par M. Marconi, M. Lodge s'est plaint, avec quelque amertume, que le Post-Office anglais ait cru devoir demander au parlement un crédit de 15 000^{fr} pour faciliter au jeune Italien la mise en œuvre de moyens qu'il avait fait connaître trois ans auparavant et qu'on avait alors né-

gligés. Il est hors de doute que l'éminent professeur de Liverpool était capable de trouver une bonne solution de ce problème s'il avait pensé qu'il fût possible de le résoudre et songé à l'attaquer. Le mérite de M. Marconi est précisément d'avoir eu cette foi et d'avoir su utiliser, dans ce but spécial, des appareils et des installations n'ayant servi jusqu'alors qu'à des recherches scientifiques. Ceci nous conduit à indiquer une application des *coherers* en usage depuis quelques années.

Emploi des coherers pour l'étude de l'électricité atmosphérique.

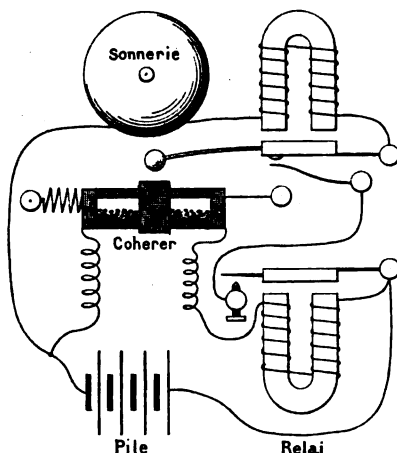
— Dans une étude magistrale sur les paratonnerres, faite vers 1888, M. Lodge a montré que les coups de foudre devaient présenter le caractère de décharges oscillatoires à haute fréquence; de nombreux effets du tonnerre, demeurés incompréhensibles, s'expliquent en effet très facilement d'après cette théorie. Si cette manière de voir est exacte, les tubes à limaille doivent indiquer les coups de foudre qui éclatent à une certaine distance. C'est en effet ce que plusieurs observateurs ont constaté. Parmi eux, on peut citer M. Popoff, de Saint-Petersbourg, qui, en 1895, a appliqué les dispositifs de Lodge à l'étude des oscillations électriques de l'atmosphère et M. Jervis-Smith qui, en 1896, a étudié la marche de plusieurs orages au moyen d'un *coherer* à poudre de charbon.

M. Jervis-Smith place dans son tube du charbon provenant de la réduction en poudre impalpable de filaments de lampes à incandescence. Une vis de réglage permet de comprimer cette substance jusqu'à ce que l'ensemble présente une légère conductibilité. Mis en circuit avec un galvanomètre et un élément de pile, cet appareil peut fonctionner d'une manière continue, sans qu'il soit nécessaire de le décoherer; à chaque coup de foudre, le spot du galvanomètre fait un saut et se fixe à une autre position de l'échelle. Le *coherer* de M. Smith était installé sur une table, dans une salle dont les portes et les fenêtres étaient closes; il n'avait pas de communication avec le sol, l'oscillation électrique produite par le coup de foudre l'atteignait néanmoins.

Dans un Mémoire publié dans l'*Elektritchestvo* de Saint-Petersbourg (juillet 1896), M. Popoff indique différentes recherches de laboratoire faites par lui au cours de l'année précédente, au moyen des tubes Branly, avec la disposition expérimentale de M. Lodge.

Son installation, représentée *fig. 4*, comprenait un *coherer*, une pile et un relai; ce dernier appareil, lorsqu'il était traversé par un courant suffisant pour le faire fonctionner, fermait le circuit d'une sonnerie à trembleur dont le marteau frappait sur le tube-*coherer*.

Fig. 4.



Une double enveloppe métallique mettait ce dernier appareil à l'abri des perturbations extérieures et de celles produites par les étincelles du trembleur : une fenêtre étroite servait à la réception des ondes qu'il s'agissait d'étudier.

M. Popoff utilisa cette disposition pour l'étude de l'électricité atmosphérique. A cet effet, il reliait l'une des électrodes du *coherer*, soit à une tige de paratonnerre, soit à un fil de bronze sortant horizontalement du laboratoire et se relevant ensuite verticalement le long d'un mât; il reliait l'autre électrode à une conduite d'eau. Pour obtenir des indications graphiques, il établissait à l'aide du relai une seconde fermeture de circuit à travers un enregistreur Richard.

Cette installation contient l'élément capital du succès de M. Marconi dans ses essais de transmission à longue distance, l'emploi d'une communication avec le sol et d'un fil explorateur s'élevant à une certaine hauteur (¹).

(¹) Cette disposition, nous a-t-on dit, aurait été employée, peut-être avant que M. Popoff en eût fait usage, par un de ses compatriotes, M. Narkewitsch Jodko, qui aurait ainsi perçu des ondulations électriques à une distance de 2^{km}. Nous n'avons pu nous procurer le Mémoire publié par ce savant et faisons toutes réserves à ce sujet.

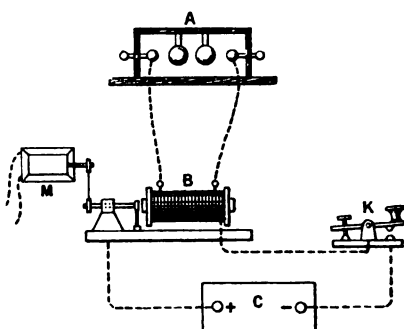
Le fil explorateur pour recueillir les ondes hertziennes dans l'espace avait déjà été utilisé par M. Minchin, d'une part, et par M. Rutherford, d'autre part; ces expérimentateurs employaient d'ailleurs des indicateurs d'ondulations différents du *coherer*.

III.

Nous connaissons maintenant tous les organes dont se compose le système télégraphique que M. Marconi a fait breveter au cours de 1897. Il les assemble de deux manières différentes : l'une servant à la démonstration du principe et l'autre à la communication à longue distance.

Poste de démonstration. — Au poste transmetteur (*fig. 5*) se trouvent :

Fig. 5.



1° Un onduleur de Righi A, porté par un cadre d'ébonite et pourvu de deux sphères excitatrices reliées aux bornes du fil secondaire de la bobine ;

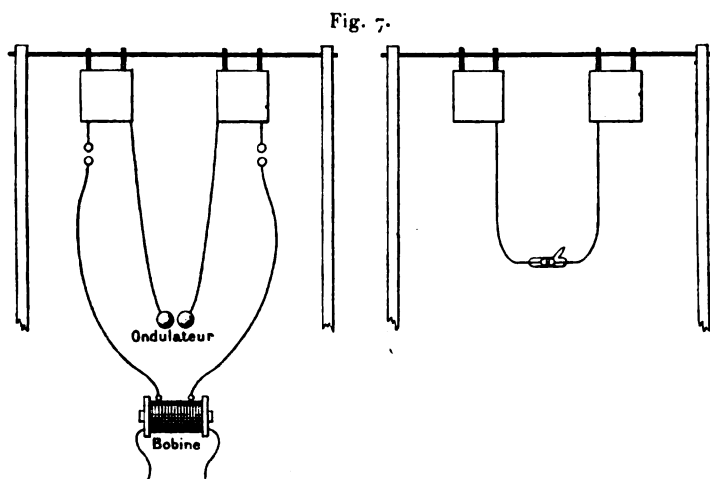
2° Une bobine de Ruhmkorff B ;

3° Une batterie d'accumulateurs C ;

4° Une clef Morse K, placée sur le trajet du circuit primaire de la bobine.

Au moyen de la clef, on peut fermer le circuit de la batterie pendant un temps plus ou moins long : un contact court donne naissance à une succession d'ondes de courte durée ; un contact prolongé occasionne un mouvement ondulatoire de longue durée. Ce sont les deux signaux élémentaires du code Morse : le *point* et le *trait*.

nissant le poste transmetteur d'appendices semblables, raccordés directement aux boules excitatrices ou séparés d'elles par un petit intervalle d'air (*fig. 7*). Cependant, même avec cette disposition, la portée demeure assez restreinte et le procédé ne pourrait guère être considéré comme un système pratique de télégraphie. Pour



franchir des distances correspondant à une utilisation réelle, il faut ne conserver à chaque poste qu'un seul volet, l'exhausser notablement au-dessus du sol et remplacer l'autre par une communication à la terre, c'est-à-dire employer la disposition à laquelle M. Popoff avait recours pour étudier l'électricité atmosphérique.

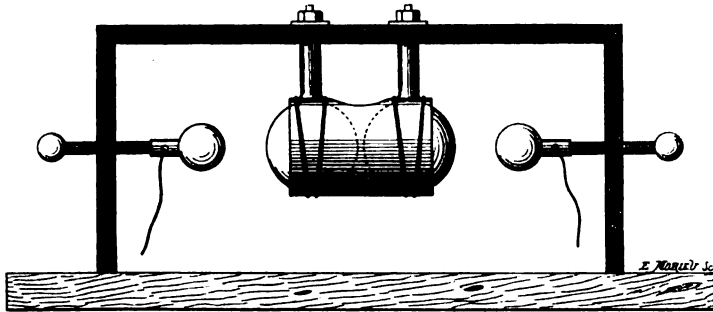
Modifications apportées par M. Marconi aux appareils existants. — M. Marconi a apporté aux appareils réalisés avant lui certaines appropriations pour le but qu'il poursuivait.

Les bobines d'induction de grandes dimensions exigent des précautions spéciales pour fonctionner régulièrement pendant une durée soutenue; malgré la présence du condensateur destiné à atténuer l'étincelle d'extra-courant du circuit primaire, celle-ci est encore notable et détériore rapidement les contacts de l'interrupteur. M. Marconi, qui trouve l'interrupteur Foucault trop lent et lui préfère un interrupteur à palette, fait tourner la broche métallique située en regard de cette palette, autour de son propre axe, au moyen d'un petit moteur électrique; il évite ainsi la soudure qui tend à se produire et change de place les parties en présence. Une

disposition du même genre a été indiquée en 1896 par M. d'Arsonval.

M. Marconi a étudié plusieurs variantes de l'ondulateur Righi, afin d'en rendre le transport et le réglage plus faciles; l'une d'elles est représentée par la *fig. 8*. Les deux sphères ondulatrices me-

Fig. 8.



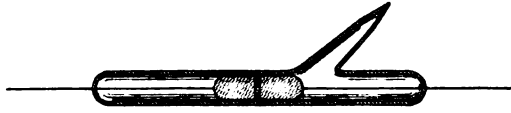
surent 11^{cm} de diamètre; elles sont en laiton massif, situées à 1^{mm} environ l'une de l'autre; une feuille de papier parcheminé, fixée autour d'elles par une corde en boyau, forme un récipient étanche dans lequel on verse de l'huile de vaseline épaissie par l'addition d'un peu de vaseline.

Les boules amenant le courant sont identiques aux précédentes ou d'un diamètre un peu plus petit; chacune d'elles est portée par une tige filetée qui permet d'en modifier la distance à l'ondulateur; plus cette distance est grande, plus le potentiel sous lequel les étincelles éclatent est élevé, et, par suite, plus l'énergie mise en jeu par les premières oscillations est considérable et, enfin, plus grande est la portée que peuvent franchir ces oscillations en produisant un effet déterminé.

Le *coherer* est l'organe auquel M. Marconi a fait subir la plus grande modification. Tandis qu'il suffisait à M. Lodge et aux physiciens qui effectuaient des travaux de laboratoire de posséder un appareil de sensibilité médiocre, donnant des indications à courte distance, qu'on pouvait d'ailleurs amplifier avec un galvanomètre délicat, M. Marconi a dû chercher à obtenir une variation qui fût aussi régulière que possible sous l'influence d'une excitation relativement faible, et qui fût capable de commander le mouvement d'un relais télégraphique.

Son tube (*fig. 9*) a des dimensions très réduites ; il est en verre de 2^{mm},5 de diamètre intérieur soigneusement calibré, avec deux

Fig. 9.



électrodes cylindriques d'argent bien ajustées, de manière à toucher exactement les parois du tube et à s'opposer à toute fuite de limaille.

Cette poudre est un mélange de 96 parties de nickel dur et de 4 parties d'argent écroui. M. Marconi recommande pour sa préparation les soins suivants :

Limer les métaux avec une lime neuve, un peu grosse, dégraissée, lavée puis séchée sur une flamme et employée encore chaude. Séparer par deux tamisages les parties les plus fines et les plus grosses, ne conserver que la limaille moyenne de dimensions régulières. Éviter l'oxydation et le contact des corps gras.

La quantité de limaille nécessaire à la fabrication d'un *coherer* est très petite, elle ne doit former qu'une couche d'environ 1^{mm} d'épaisseur et n'être ni comprimée, ni trop libre.

Les électrodes d'argent sont prolongées par des fils fins de platine ; elles sont soigneusement polies et légèrement amalgamées avant d'être mises en place.

Le tube est scellé à la lampe. M. Marconi, qui avait d'abord préconisé d'y faire le vide jusqu'à 4^{mm}, ne juge plus cette opération indispensable. Un *coherer* fonctionne, en effet, aussi bien sous la pression normale que dans une atmosphère raréfiée ; cependant l'absence d'air est une bonne chose, car l'oxydation de la limaille est évitée. M. Branly a montré que l'ancienneté de préparation d'une limaille a une influence sur sa conductibilité ; ce fait doit être attribué à une altération superficielle.

Si la poudre d'un *coherer* est trop peu serrée, l'appareil n'est pas assez sensible ; si elle est trop comprimée, il est capricieux et conserve souvent une conductibilité notable après avoir été agité. D'après M. Marconi, un bon tube doit fonctionner sous l'action des

étincelles produites par une sonnerie à trembleur située à 1^m de lui.

Les bobines de réactance n et n' que M. Marconi place, de part et d'autre du *coherer*, sont formées de quelques tours de fil de cuivre recouvert de soie enroulés sur un tube de verre contenant un barreau de fer. D'après lui, ces bobines s'opposent à ce que les ondulations incidentes se partagent entre le *coherer* et le circuit du relais.

M. Marconi place des dérivations appropriées s_1 et s_2 sur le relais et sur la sonnerie aux points où les étincelles d'extracourant se produiraient. Il ignorait sans doute, lorsqu'il a rédigé ses brevets, que les condensateurs et les shunts sans self-induction sont d'un usage classique comme pare-étincelles, car il en a revendiqué l'emploi.

Un point sur lequel il a beaucoup insisté est relatif à l'accord qu'il établissait entre le poste récepteur et le transmetteur, au moyen des ailettes A et A'. D'après M. Marconi, celles-ci doivent avoir une longueur telle que le système qu'elles forment avec le *coherer* représente un résonateur électrique accordé avec l'ondulateur; il indique, pour les régler, le procédé qu'a décrit M. Righi pour fabriquer des résonateurs avec une bande de glace argentée consistant à déterminer, au voisinage de l'appareil, la longueur que doit avoir un résonateur formé de deux bandes d'étain collées sur une plaque de verre pour déceler, à la plus grande distance possible, les ondulations du transmetteur; la longueur de ces bandes donnerait l'amplitude des ailettes du *coherer*.

Ce procédé n'est pas applicable pour la communication à longue distance et, dans la disposition employée pour cet usage, on ne trouve plus dans le récepteur et dans le transmetteur d'éléments réglables sur lesquels on puisse agir pour produire une concordance.

Installation pour communiquer à longue distance. — Pour franchir de grandes distances, M. Marconi dispose, aux stations correspondantes une plaque métallique verticale, soigneusement isolée, à une grande hauteur au-dessus du sol; il la relie par un fil conducteur dans l'une au transmetteur, dans l'autre au récepteur et établit, en outre, une communication de ces deux appareils avec le sol (*fig. 10 et 11*). Ces appareils peuvent être placés dans un endroit abrité, situé à une certaine distance, voire même dans une enceinte métal-

lique, pourvu que l'isolement du conducteur raccordé à la plaque soit rigoureusement assuré.

Les supports sont constitués par des poteaux bien secs, enduits

Fig. 10.

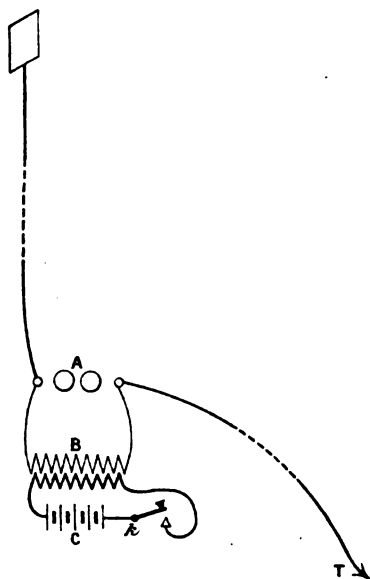
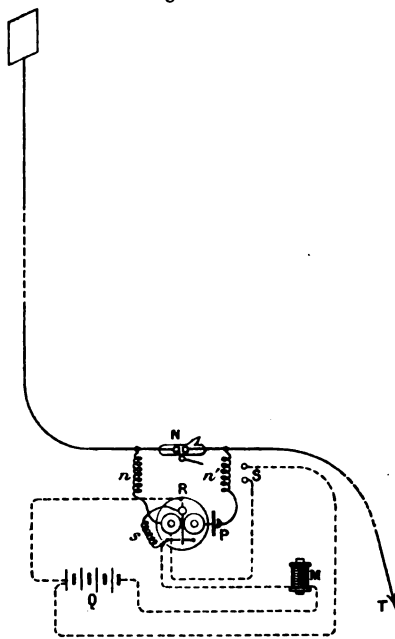


Fig. 11.



de goudron et munis d'isolants pour recevoir les plaques. Dans quelques expériences, ils ont été remplacés par des cerfs-volants dont la surface et la ficelle étaient métallisées.

IV.

RÉSULTATS OBTENUS.

Conditions qui influent sur la portée qu'on peut franchir. — La portée que peut atteindre une transmission correcte dépend de nombreux facteurs dont l'importance relative n'est pas encore bien déterminée et parmi lesquels on peut citer l'état de l'atmosphère et la sensibilité des *coherers*; la nature, la dimension et la position des obstacles situés entre les deux stations; la puissance du générateur, les dimensions et la forme des collecteurs, la jonction d'un pôle des appareils à la terre, l'exhaussement des conducteurs au-dessus du sol, la conductibilité propre du sol, etc.

État de l'atmosphère et sensibilité du coherer. — L'état hygrométrique de l'air et même la pluie ou le brouillard ne paraissent pas avoir une influence *directe* prépondérante sur la transmission. On s'explique la possibilité de transmettre dans ces circonstances, par ce fait que la longueur des ondulations électriques est relativement grande par rapport à la dimension des particules liquides ou solides en suspension dans l'atmosphère. Toutefois, l'humidité peut avoir *indirectement* des effets fâcheux en ce qu'elle nuit à l'isolement des appareils, des supports et des collecteurs et exige un surcroît de précaution.

Le vent a paru nuisible, soit en agitant les conducteurs ou les obstacles situés sur le parcours, soit en déformant les ondes elles-mêmes.

Mais l'élément le plus gênant est l'électricité atmosphérique. Si l'on opère sans communication avec le sol ou avec des conducteurs très courts, elle ne présente pas d'inconvénient; mais si, comme on est obligé de le faire pour correspondre à plusieurs kilomètres, on a recours à de longs fils verticaux et à la mise à terre d'un pôle des appareils, on obtient, *même par les temps humides et aux époques les moins orageuses de l'année*, de violentes décharges qui sont dangereuses pour les expérimentateurs et qui agissent sur le coherer.

On est amené à fabriquer cet appareil de manière qu'il ne fonctionne pas continuellement sous la charge des fils collecteurs et, par conséquent, à réduire notablement sa sensibilité.

Obstacles situés entre deux stations. — La transmission peut s'effectuer à travers les fenêtres, les portes, les cloisons de briques et même les murailles; mais de pareils obstacles, surtout s'ils sont au voisinage des postes, réduisent notablement la portée. Il en est de même des arbres, des voiles de navires, des tuyaux métalliques, des cheminées, des massifs de constructions ou des reliefs du sol. D'une manière générale, on peut surmonter ces obstacles en donnant aux collecteurs un développement suffisant, mais la portée de transmission est dans, ces conditions, beaucoup moins grande, à égalité de dimension de collecteurs, que sur un espace découvert.

Les masses métalliques disposées devant les collecteurs sont nuisibles; cependant, quelques fils conducteurs tendus dans leur voisinage n'ont pas une influence très fâcheuse.

Puissance du générateur. — On s'est tenu, jusqu'à présent, pour l'ondulateur, dans les dimensions indiquées par M. Marconi, soit à des sphères pleines de 10^{cm} ou 12^{cm} de diamètre pour l'oscillateur proprement dit, avec 0^{cm},1 ou 0^{cm},2 d'écartement dans l'huile, les boules d'excitation ayant de 3^{cm} à 12^{cm}. La distance à laquelle on peut écarter ces boules des sphères intérieures dépend de la capacité du système collecteur-terre auquel elles sont reliées. Avec des fils de plusieurs centaines de mètres, on doit rapprocher les boules à 0^{cm},2 ou 0^{cm},3, sans quoi on n'obtiendrait pas d'étincelles, du moins avec une bobine de Ruhmkorff.

Dans ses premières expériences, M. Marconi employa une bobine pouvant donner, en dehors de l'installation télégraphique, avec deux petites tiges excitatrices, une étincelle de 25^{cm}. Il l'alimentait au moyen de huit accumulateurs portatifs. C'est ainsi qu'ont été faits les essais de 5^{km} du canal de Bristol (de Lavernock-Point à l'île de Flateholm). C'est également avec une bobine semblable, alimentée par quatre ou cinq accumulateurs à grand débit, que M. Marconi a opéré à la Spezzia. Dans d'autres essais faits en Angleterre, il a eu recours à des bobines donnant 50^{cm} d'étincelle. Ces puissantes bobines, outre l'inconvénient du poids, présentent celui d'une grande durée d'aimantation ne permettant pas de les actionner par un interrupteur rapide.

M. Slaby, professeur à la Haute École technique de Berlin, qui a fait des essais avec un grand développement de conducteurs, employait une bobine donnant 25^{cm} d'étincelle, actionnée par huit accumulateurs.

L'appareil de Ruhmkorff, construit pour les cabinets de Physique, répond à divers usages et n'est probablement pas approprié en vue du rendement maximum dans cette application spéciale; on peut donc attendre des améliorations d'une étude dirigée dans ce sens.

Il est d'ailleurs facile aujourd'hui de produire des décharges mettant en jeu une énergie beaucoup plus considérable que celle de la bobine d'induction. M. Tuma a répété les expériences de M. Marconi avec un dispositif Tesla, alimenté par un alternateur. Cette installation est plus coûteuse et moins transportable qu'une bobine et quelques accumulateurs; cependant, on pourrait y avoir recours si un intérêt suffisant s'y attachait.

Dimensions et forme des collecteurs. — Si aux deux postes correspondants on n'établit aucune relation avec le sol, on constate que la liaison à une plaque métallique d'une des bornes de l'ondulateur, d'une part, d'une électrode du *coherer*, d'autre part, amène un accroissement notable d'action sur le récepteur et, par suite, permet d'augmenter la portée. Mais l'accroissement de sensibilité n'est pas proportionnel à la superficie des plaques ainsi employées et paraît avoir une limite.

La proximité du sol a une influence fâcheuse sur la propagation. Avec des appareils déterminés, la communication est d'autant meilleure que les dispositifs sont placés à une hauteur plus considérable.

Si l'on remplace les plaques par deux fils parallèles, on constate que la transmission se fait mieux quand ces conducteurs sont verticaux que lorsqu'ils sont disposés horizontalement à peu de distance du sol, mais que, avec cette dernière orientation, l'effet augmente à mesure qu'on place les fils à un niveau plus élevé.

Le défaut de parallélisme des plaques ou des fils collecteurs réduit la distance qu'on peut franchir.

Communication avec le sol. — Avec l'une quelconque de ces dispositions, la portée est notablement augmentée si on relie à la terre la seconde borne des appareils; l'augmentation est sensible si l'on opère seulement sur l'un d'eux, transmetteur ou récepteur; elle est plus importante si la liaison est faite aux deux. En réalité, c'est ainsi que toutes les expériences de communication à longue distance ont été effectuées.

Disposition de collecteurs employés par M. Marconi. — *Résultats obtenus.* — Dans ses premiers essais, M. Marconi a fait usage de réflecteurs en laiton ayant la forme d'un cylindre parabolique; mais il les a abandonnés dès qu'il a fait usage de la communication au sol. Il a alors employé des plaques de zinc carrées de 0^m,40 portées par des isolateurs ou un cylindre de zinc (hauteur 2^m, diamètre 1^m) renversé au sommet d'un mât et soutenu par des isolants. Un conducteur, sous gutta-percha ou caoutchouc, descendait verticalement jusqu'à l'ondulateur.

Dans l'expérience de Flatholm, des mâts de 30^m ne permirent pas de franchir la distance de 5^{km} séparant les deux stations; il fallut

prolonger les conducteurs de plus de 20^m, en plaçant les appareils transmetteur et récepteur au pied des falaises supportant les mâts. Avec cette hauteur supérieure à 50^m la transmission fut correcte.

Pour traverser le canal de Bristol, sur une largeur de 14^{km}, M. Marconi eut recours à des conducteurs beaucoup plus élevés soutenus par des cerfs-volants.

Dans les expériences faites sur la baie de la Spezzia, le poste-transmetteur était installé sur le rivage. La plaque transmettrice était une feuille carrée de zinc de 0^m,40, hissée au sommet d'un mât dont on fit varier la hauteur. Le récepteur fut placé d'abord sur un remorqueur portant un mât de 16^m; puis sur un cuirassé portant un mât de 22^m; l'appareil lui-même fut successivement placé sur le pont et dans une batterie.

Avec le remorqueur et un fil de 26^m au transmetteur, on correspondit correctement jusqu'à 7480^m.

Avec le cuirassé et un fil de 34^m, on atteignit une distance de 16^{km}.

Nous ne connaissons pas la portée maximum qu'a pu franchir M. Marconi dans les expériences récentes qu'il a effectuées.

Disposition employée et résultats obtenus par M. Slaby. — M. Slaby a abandonné les plaques ou cylindres de M. Marconi qu'il ne juge pas indispensables. Il utilise seulement un long fil métallique suspendu à un isolateur.

Avec un fil de 26^m, il put correspondre, sans terre, à une distance de 1600^m; il aurait certainement franchi une distance plus considérable au moyen d'une liaison au sol.

En octobre dernier, au moyen de ballons captifs appartenant à l'armée allemande, il fit plusieurs expériences et parvint à correspondre à une distance de 21^{km}, les ballons étant à une altitude moyenne de 300^m.

Il a formulé, d'après les observations faites au cours de ces recherches, les règles suivantes :

1° Le câble métallique servant d'amarre au ballon (pourvu aux deux extrémités d'un câble de chanvre de 20^m destiné à isoler le conducteur, d'une part, de la nacelle, d'autre part, du sol) présente une capacité électrique trop considérable qui réduit l'étincelle à 0^{cm}, 1 ou 0^{cm}, 2 et accroît les causes perturbatrices;

2° Un conducteur de faible diamètre revêtu d'une enveloppe isolante, disposé le long d'un câble-amarre, complètement métallique, convient bien pour la transmission ; il est encore exposé à l'électricité atmosphérique, mais les décharges sont moins durables et moins gênantes que lorsqu'on emploie le câble-amarre lui-même ;

3° Le conducteur doit être en cuivre et rectiligne ; un fil en spirale ou un fil de fer ne convient pas (1).

Influence de la conductibilité du sol reliant les plaques de terre. — Nous avons déjà dit que, dans le procédé Marconi, l'influence de la terre était considérable. Dans la télégraphie électrique par ligne unifilaire, le sol agit : 1° par sa conductibilité qui intervient dans la résistance totale du circuit ; 2° par la capacité qu'acquiert le conducteur et dont dépend la période variable du courant. D'après M. Slaby, la *conductibilité* de la mise à terre ne jouerait pas un rôle considérable dans la télégraphie par ondulations, et il suffirait que le fil allant au sol le touchât légèrement pour que le fonctionnement du système fût assuré.

Il y a lieu de croire, en effet, que la résistance ohmique de cette jonction n'intervient pas seule et que la prise de terre pourrait renfermer quelques courtes solutions de continuité sans cesser d'être efficace ; cependant, il ne semble pas que la nature de la masse de sol qui sépare les plaques de terre des deux stations soit indifférente. On a remarqué déjà que la portée qu'on peut atteindre avec une installation donnée est à peu près double à la surface de la mer que sur un sol uni ; d'autre part, nous avons constaté, au moins dans des limites restreintes, que la communication est encore sin-

(1) Les appareils employés par M. Slaby différaient de ceux de M. Marconi par les points suivants :

1° Remplacement du relais Preece par un galvanomètre Weston transformé en relais par l'addition d'une pince de contact actionnée par l'aiguille ;

2° Remplacement de la sonnerie par un parleur pour décoherer ; l'armature du parleur étant pourvue d'une bille d'ivoire frappant le tube et celui-ci étant monté sur un support élastique ;

3° Abandon de la limaille d'argent pour la confection du *coherer* et emploi exclusif de nickel dur ;

4° Suppression de tous les shunts, sauf celui du relais ;

5° Suppression des deux bobines de réactance ;

6° Montage du Morse avec un courant de repos facultatif.

gulièrement facilitée si l'on remplace les plaques de terre reliées aux secondes bornes des appareils par un conducteur recouvert d'une enveloppe isolante, alors même que ce conducteur présenterait sur son trajet une courte interruption.

Applications du système Marconi. — La théorie de la transmission des ondulations hertziennes et de leur réception par le *coherer* est encore très incomplète, même dans le cas relativement simple où les appareils transmetteur et récepteur sont isolés dans l'espace, à une grande distance du sol et de tout conducteur. Elle n'est pas encore établie lorsque ces instruments sont dans le voisinage ou au contact de corps ayant des dimensions, une capacité et une conductibilité appréciables, ni lorsqu'ils sont reliés à la terre ou lorsque les ondulations se propagent à proximité du sol. Cette transmission constitue un nouveau Chapitre de l'Électricité théorique et expérimentale non encore étudié; il serait donc téméraire de formuler une opinion au sujet des conséquences pratiques qu'elle pourra fournir dans l'avenir.

Toutefois, *si l'on se limite rigoureusement aux moyens mis en œuvre et aux résultats acquis jusqu'à ce jour*, on peut comparer les services que peut déjà rendre le procédé Marconi à ceux que fournissent les méthodes de télégraphie actuellement en usage.

On a proposé ce système pour la télégraphie de forteresse et la télégraphie de campagne; pour la communication des navires de guerre entre eux ou avec des sémaphores; pour les relations avec les bâtiments de la marine marchande; pour transmettre l'indicatif d'un phare, et, au moyen d'un réglage, indiquer la distance d'un feu; enfin, comme exploitation commerciale, pour les communications passagères, pour la jonction d'une île au réseau général sans pose de câble, etc.

Remarquons d'abord que la construction des organes employés, la nécessité de décoherer et enfin d'éliminer, dans l'interprétation, les traces produites sur la bande Morse par les décharges atmosphériques (ces traces, par un temps non orageux, consistent en points très courts) obligent à allonger notablement le point du code Morse, et, par suite, le trait, ainsi que les intervalles entre deux éléments de signaux, deux lettres ou deux mots consécutifs. La transmission est donc beaucoup plus lente qu'avec un fil continu,

et même plus lente qu'avec les appareils optiques. Le système Marconi ne fournit donc qu'un très faible rendement.

Malgré ce qu'avait annoncé cet inventeur, il n'est pas possible d'éviter que les ondulations émises par une station soient perçues par tout appareil *coherer* situé dans la sphère d'action de cette station. Par contre, on peut rendre toute réception impossible en produisant, à l'aide d'un transmetteur, des signaux quelconques qui se confondent avec ceux qu'échangent deux correspondants. Par conséquent, deux communications simultanées sont impossibles dans le périmètre de portée des appareils. Si l'ennemi est suffisamment rapproché, il pourra, à son gré, percevoir la transmission ou rendre toute correspondance impraticable.

Le procédé le plus économique, le plus direct et le plus simple pour établir une relation télégraphique entre deux points consiste donc encore à les relier par un fil conducteur et à y installer des appareils télégraphiques d'un modèle en rapport avec le rendement qu'on désire obtenir.

Lorsque l'établissement d'un conducteur est impossible, pour des raisons militaires, par exemple, les procédés optiques constituent une ressource précieuse. Avec un matériel peu encombrant et facile à transporter, on peut, par un temps clair, communiquer à plusieurs dizaines de kilomètres. Les appareils fixes sont plus puissants; nos postes militaires du Sud-Algérien sont reliés par des installations optiques qui atteignent souvent 100^{km}.

Évidemment, la portée de ces instruments est singulièrement réduite par la pluie et le brouillard, et c'est dans ces circonstances seulement, et à défaut de tout autre, que le procédé Marconi pourrait, *dans son état actuel*, présenter quelque utilité.

Il convient d'ailleurs de remarquer qu'il est lui-même assez exposé aux interruptions : un long collecteur peut amener au récepteur, même lorsque le temps est calme, des décharges atmosphériques rendant toute lecture impossible et occasionnant des accidents aux opérateurs; *a fortiori*, son usage serait impraticable et son emploi dangereux en cas d'orage.

Ces remarques n'ont pas pour objet de diminuer l'intérêt qui s'attache à cette invention, mais seulement de signaler la nécessité de l'améliorer, avant de songer à l'introduire dans l'outillage com-

mercial et peut-être même dans le matériel sur lequel on doit compter pour des opérations militaires.

M. le PRÉSIDENT. — « Je remercie M. Voisenat pour sa très intéressante Communication, savamment documentée et d'une critique très sûre.

**MOTEURS A COURANTS POLYPHASÉS A INDUITS FERMÉS SUR EUX-MÊMES
ET DÉMARRANT EN CHARGE ⁽¹⁾.**

La séance est levée à 10^h 25^m soir.

(¹) Cette Communication sera publiée, avec la suite qu'elle comporte, dans le prochain numéro du *Bulletin*.

RECHERCHES SUR LES ACIERS AU NICKEL.

M. GUILLAUME. — « Depuis quelques années, les aciers au nickel ont vivement attiré l'attention des métallurgistes et des physiciens. D'une part, leurs propriétés mécaniques remarquables les ont fait rechercher pour la construction des organes de machine dans lesquels on désire augmenter dans une forte proportion la sécurité, et où une faible élévation du prix du métal est sans importance. D'autre part, les singulières anomalies que présentent ces aciers ont donné lieu à des études fort intéressantes, dont les résultats, tout en apportant des documents nouveaux à la théorie générale des alliages, font prévoir des applications qu'aucun autre métal ou alliage n'aurait permis d'aborder.

» La première en date des anomalies en question et non la moins singulière réside dans le fait, connu depuis une dizaine d'années, qu'un alliage contenant 25 pour 100 de nickel et 75 pour 100 de fer n'est pas magnétique. Cet alliage, le ferro-nickel, a été établi par la *Société française du ferro-nickel*, à laquelle il a donné son nom, et l'anomalie qu'il présente a été étudiée scientifiquement par le Dr John Hopkinson, qui a consacré, aux alliages qui nous occupent, une série de belles recherches résumées dans les *Proceedings* de la Société royale de Londres. M. Hopkinson a montré que le ferro-nickel n'est dépourvu de magnétisme qu'accidentellement, et qu'il passe à l'état magnétique par l'effet de certaines actions mécaniques telles que le tréfilage ou le laminage à froid. Il l'a fait passer en bloc à ce deuxième état en le soumettant à un refroidissement énergique. Cet alliage passe à l'état magnétique en augmentant de volume, en élevant considérablement sa limite élastique et en augmentant de dureté. On le ramène à l'état non magnétique en le chauffant au rouge.

» MM. H. Le Chatelier, Osmond, A. Le Chatelier ont étendu dans diverses directions les travaux d'Hopkinson. Conduit, par hasard, à m'occuper des aciers au nickel au cours de recherches sur les alliages entreprises sous les auspices du Comité international des Poids et Mesures, j'ai été assez heureux pour rencontrer, dès le

début de mes recherches, une anomalie bien faite pour piquer ma curiosité. Si j'ai pu, comme je le montrerai tout à l'heure, tracer des courbes continues sur un espace étendu, là où l'on ne possédait jusqu'ici que quelques points isolés, je le dois surtout à la bienveillance et à la libéralité dont ont fait preuve MM. Fayol, directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault, et L. Dumas, secrétaire général de cette Société, qui ont fait établir dans leurs aciéries d'Imphy une quarantaine d'alliages nouveaux, nécessaires pour cette étude. Ces alliages ont été préparés par des procédés industriels et livrés en barres forgées, tirées de lingots pesant en moyenne 25^{kg} (1).

» C'est au mois de mars 1895 que l'on découvrit, au Bureau international des Poids et Mesures, la première anomalie de dilatation des aciers au nickel. M. J.-René Benoit, directeur du Bureau, ayant entrepris de déterminer l'équation d'une règle à bouts d'un de ces alliages appartenant à la Section technique de l'Artillerie, reconnu, en comparant ses mesures, des divergences qui ne semblaient explicables qu'en admettant pour la dilatation de cette règle une valeur tout à fait anormale. Il fit alors chauffer le laboratoire, et trouva, par des mesures faites entre 8° et 22°, que cette règle d'acier au nickel se dilatait un peu plus qu'un étalon de bronze employé comme terme de comparaison. M. Benoit m'engagea alors à répéter ses mesures dans un intervalle de température plus étendu, pour déterminer la formule exacte de la dilatation de cette barre en plongeant dans l'eau les règles à comparer. Nous cherchâmes, dès cette époque, à découvrir d'autres anomalies dans la règle dont nous disposions, mais sans parvenir même à retrouver celles que M. J. Hopkinson avait indiquées pour des alliages voisins.

» Nous avons abandonné ces recherches, lorsque, au mois de mai 1896, j'eus l'occasion de déterminer la dilatation d'une deuxième règle plus riche en nickel que la première; cette fois je

(1) Les compositions exactes de ces alliages ont été déterminées, les premières à Fourchambault, les dernières et les plus nombreuses à Imphy. Je dois des remerciements particuliers à MM. J. Adenot, directeur, Girin, ingénieur principal, Dauphin et Gineste, ingénieurs des aciéries d'Imphy, ainsi qu'à M. G. Delabroise, ingénieur de la Société de Commentry-Fourchambault, pour leur aimable et précieux concours.

fus très surpris de constater que le nouvel alliage se dilatait moins que tous les métaux ou alliages connus, y compris le platine et l'iridium. La question devenait intéressante au point de vue de la construction des instruments de précision dont le perfectionnement est inscrit en permanence au programme du Bureau international. Après avoir sondé le terrain par des expériences préliminaires, je résolus d'entreprendre une étude d'ensemble de ces singuliers alliages. Ce sont les premiers résultats de cette étude que je vais exposer.

» *Propriétés magnétiques.* — L'examen des propriétés magnétiques des nouveaux alliages semblait devoir nous éloigner de notre programme. Mais il me parut dès le début que les variations de ces propriétés renfermaient la clef de toutes les autres anomalies, et c'est pourquoi j'en fis une étude sommaire, destinée seulement à mettre en évidence les traits essentiels des phénomènes. L'appareil dont j'ai fait usage était des plus rudimentaires : une balance en bois, installée auprès d'une machine dynamo, permettait de mesurer l'effort d'arrachement d'un barreau de l'alliage à étudier, suspendu au-dessus d'une des pièces polaires de la machine. Le barreau plongeait dans un bain d'huile, d'eau ou d'alcool, contenu dans une chaudière en laiton posée sur la dynamo. On chauffait ou l'on refroidissait le bain et l'on déterminait, à des températures diverses, la force nécessaire pour arracher le barreau dont l'extrémité se trouvait, au départ, à 2^{mm} environ de la pièce polaire. Il n'était pas question, bien entendu, de déduire de ces mesures une valeur tant soit peu approchée de la perméabilité de l'alliage, mais on était assuré que la grandeur mesurée variait dans le même sens que la perméabilité, et qu'elle s'annulait lorsque la perméabilité devenait égale à celle de l'espace ambiant. On pouvait donc mesurer tout au moins la température à laquelle l'alliage cessait d'être magnétique, et, pour commencer, je me contentai de cette indication.

Ces premières mesures permirent de classer les aciers au nickel en deux catégories; les premiers, qui contiennent de 0 à 25 pour 100 de nickel environ, sont irréversibles; ceux d'une teneur plus élevée sont réversibles. Je m'explique : les alliages du premier groupe ne reprennent pas leurs propriétés premières quand on les ramène aux températures primitives; ceux du second groupe y reviennent sen-

siblement. Lorsqu'on les chauffe jusqu'à une température voisine du rouge naissant, les alliages irréversibles commencent à perdre leur perméabilité; au rouge cerise, ils ne sont pas plus magnétiques que le cuivre. Si on les laisse refroidir, ils repassent par les températures où leur magnétisme a disparu, sans en reprendre la moindre trace, et ce n'est qu'à une température beaucoup plus basse qu'ils reviennent, graduellement aussi, au premier état. La température initiale de cette deuxième transformation est d'autant plus basse que l'alliage est plus voisin de la limite qui sépare les deux groupes d'alliages, et qui se trouve, comme je l'ai dit, non loin de 25 pour 100 de nickel. A 24 pour 100, l'acier au nickel ne commence à reprendre son magnétisme qu'au-dessous de zéro. C'est ce qui explique comment il se fait qu'on ait cru longtemps cet alliage insensible à l'aimant. Avant les travaux d'Hopkinson, on ne l'avait connu que sous l'un de ces états.

» La transformation peut n'être pas complète, et cependant l'alliage conserve les propriétés qu'on lui a communiquées. Si, par exemple, on refroidit jusqu'à -40° l'alliage à 24 pour 100, on le transforme en partie, et on lui communique une perméabilité qui est loin de celle qu'il est susceptible de posséder, et qu'il conserve sans variations notables tant qu'on ne produit pas une nouvelle transformation, soit en refroidissant davantage le barreau, soit en revenant à la transformation inverse qui se produit au rouge.

» Ce sont ces transformations irréversibles qui interdisent de donner des valeurs numériques des propriétés de ces alliages autrement que par des limites très écartées.

» Si l'on dépasse un peu une certaine teneur, le phénomène change du tout au tout. Il m'est impossible de dire si le changement est brusque ou graduel, les alliages les plus voisins du passage dont j'ai pu disposer différant encore de 2 pour 100 dans la teneur en nickel. Mais je puis affirmer que, dans cet intervalle de 2 pour 100, le changement semble complet. On se trouve alors dans une deuxième catégorie d'alliages qui ne subissent que des transformations réversibles. On les voit aussi passer de l'état magnétique à l'état non magnétique et inversement; mais l'état n'est défini en première approximation que par leur température actuelle, et non par les températures auxquelles ils ont été antérieurement soumis.

Lorsqu'on les chauffe, ils perdent graduellement leur magnétisme, la diminution allant en s'accéléralant à mesure qu'on approche de la perte totale du magnétisme. La température où cette perte se produit s'élève en même temps que la teneur en nickel, et se trouve assez exactement représentée, jusqu'à 40 pour 100 de nickel, par la formule

$$\theta = 34,1(n - 26,7) - 0,80(n - 26,7)^2,$$

n représentant la teneur en nickel en centièmes.

» Mes expériences n'ont pas pu être poussées au delà, à cause des difficultés du chauffage au contact de la dynamo.

» On voit, en remplaçant dans la formule ci-dessus la quantité n par des nombres variant entre 26 et 40, que les alliages de la deuxième catégorie se transforment à des températures qui commencent au-dessous de zéro et s'élèvent au-dessus de 300°. La formule donne même un maximum à 363°, mais je n'ai pas eu l'occasion d'en vérifier l'existence.

» Il semble qu'au point de jonction des deux catégories d'alliages, les températures de passage à l'état magnétique sont sensiblement les mêmes. Mais, tandis que, pour les premiers, il faut remonter au rouge pour annuler le magnétisme, pour les seconds, cette propriété se perd d'elle-même, dès qu'on réchauffe, et à peu près dans la mesure où elle a pris naissance au refroidissement.

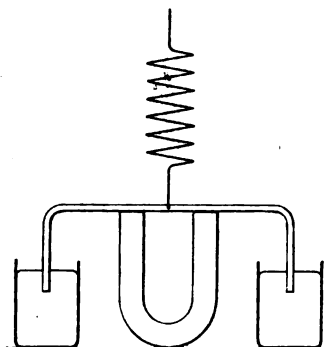
» Il convient de rappeler, à propos de ces transformations, les essais faits il y a quelques années pour utiliser directement les variations de magnétisme du fer à la production de force motrice, dans des moteurs que l'on a nommés *thermomagnétiques*.

» Ces moteurs, que les chauffes répétées à la température nécessaire pour produire la transformation du fer détruisaient rapidement, ont été abandonnés avant même d'avoir été soumis à des essais industriels suivis. Il serait imprudent d'augurer mieux de moteurs dans lesquels les aciers au nickel seraient substitués au fer, mais on peut affirmer que, si le problème possède la moindre chance d'une solution pratique, on devra s'essayer sur des corps qui, comme les nouveaux aciers, perdent leur magnétisme à des températures peu élevées, auxquelles ils puissent être soumis un grand nombre de fois sans subir une oxydation profonde et sans que leur cohésion soit détruite.

» Sans vouloir préjuger de la solution définitive d'un problème aussi gros de conséquences que celui du moteur thermomagnétique, on peut chercher à utiliser ces variations des nouveaux alliages dans de petits appareils où la perte du magnétisme à une température déterminée devient un indice de la température ambiante; on pourra en faire, par exemple, des avertisseurs d'incendie ou des indicateurs de la température maxima d'une chaudière. Enfin on en fera aisément des coupe-circuits probablement plus pratiques et certainement d'un fonctionnement plus régulier que les plombs fusibles dont chacun reconnaît les inconvénients, mais qu'on n'a pas pu remplacer avantageusement jusqu'ici.

» Nous pouvons, par exemple, placer (*fig. 1*) un étrier d'un de ces alliages dans un circuit qu'il ferme en prenant contact dans deux

Fig. 1.

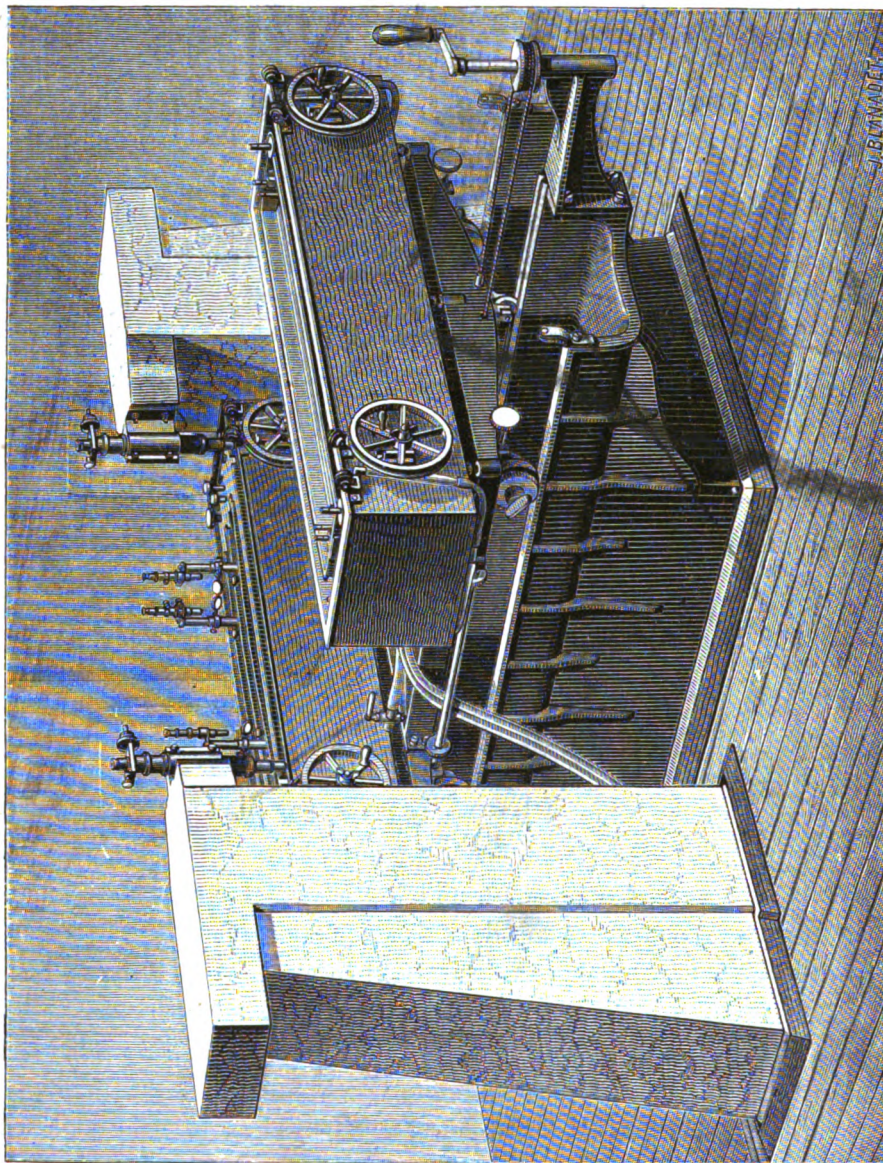


godets à mercure. Un ressort tend à le faire quitter sa position, mais il y est retenu par un aimant dont il est isolé par un vernis. Lorsque, le courant devenant trop intense, le fil se chauffe, il est moins fortement attiré par l'aimant; le ressort le retire brusquement des godets, et le circuit se trouve coupé sans qu'un arc puisse se former. La ligne sera rétablie instantanément en remettant le fil en place.

» Un appareil de ce système a été soumis à des essais préliminaires dans les ateliers de la Compagnie française d'appareillage électrique, et les résultats de ces essais, que notre collègue, M. Zetter, vient de me communiquer, sont très encourageants. Un appareil qui reste indéfiniment en repos pour une intensité d'un ampère rompt instantanément à deux ampères, et conserve indéfiniment la

même sensibilité. Ce sont précisément les conditions que l'on pose aux plombs fusibles ; mais on sait qu'après avoir été en service

fig. 3.



pendant quelques mois ils ont modifié sensiblement leur température de fusion et donnent lieu à des surprises.

» *Dilatations.* — Deux procédés ont été employés pour mesurer la dilatation des nouveaux alliages. Le premier, et de beaucoup le

plus précis, celui qui est constamment en usage au Bureau international, consiste à mesurer la règle à étudier dans un comparateur à dilatation, dont la *fig. 2* donne une vue d'ensemble. Cet instrument se compose de deux microscopes micrométriques fixés à de forts piliers de pierre et permettant de viser les traits d'une règle placée dans une auge portée sur un chariot et passant entre les piliers. L'auge contient, en général, deux règles : l'une dont la dilatation est connue, l'autre qu'on lui compare à diverses températures, de façon à déterminer les différences de leurs allongements. Les règles sont plongées dans l'eau, et l'auge, à doubles parois, est constamment traversée par un filet d'eau chaude ou froide, suivant les températures auxquelles on opère. Tout l'instrument repose sur un massif en maçonnerie indépendant du bâtiment, de manière que les allées et venues de l'observateur autour de l'instrument ne puissent en aucune façon affecter la position relative des règles et des microscopes.

» Cet appareil permet, comme je l'ai dit, d'atteindre une grande précision, mais il oblige à se limiter à un intervalle de température peu étendu ; il est très difficile, en effet, d'opérer, avec cet appareil, à des températures inférieures à 0° et supérieures à 40° .

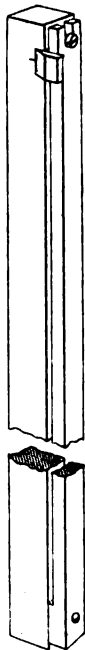
» Or, il était très intéressant de déterminer la dilatation des aciers au nickel dans un intervalle de température plus étendu, afin d'établir les relations qui existent entre les variations magnétiques et les changements de volume des alliages. On pouvait se contenter, pour ces mesures, d'une précision médiocre, et c'est ce qui m'a engagé à employer un deuxième procédé de dilatations relatives sous la forme suivante :

» Une règle de laiton (*fig. 3*), munie à l'une de ses extrémités d'une petite réglette à biseau portant une division, est fixée par l'autre extrémité, au moyen d'une forte vis, à la barre dont on veut connaître la dilatation. La réglette empiète sur la barre, qui porte, en regard de la division, un trait servant d'index. Les deux règles sont libres de se dilater, et leurs changements relatifs de longueur sont donnés par le mouvement de la réglette devant l'index. Les barres sont introduites dans une chaudière verticale en laiton, remplie d'huile et munie d'un agitateur et d'un thermomètre. La chaudière, entourée d'un manchon d'air, est placée sur un fourneau à gaz. On

lit, à l'aide d'un micromètre, les déplacements relatifs de l'index et de la division.

» Avec une certaine pratique des mesures, on arrive à ne plus commettre d'erreurs atteignant le centième de millimètre. Comme les variations relatives des deux règles dans l'intervalle de température où j'ai opéré, c'est-à-dire entre 0° et 220° , atteignent parfois 3^{mm} , on voit que cette précision est suffisante pour donner une idée assez fidèle de l'ensemble des phénomènes.

Fig. 3.



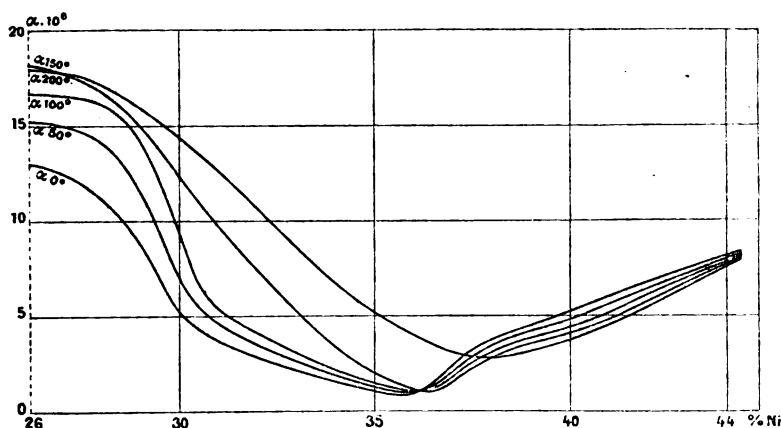
» Les alliages irréversibles, dont plusieurs ont été étudiés par ce procédé, se comportent, au point de vue de la dilatation, d'une façon au moins aussi inattendue qu'au point de vue du magnétisme. Si l'on amène une règle d'un de ces alliages de la température de la transformation supérieure jusqu'au début de la deuxième transformation, on constate que son coefficient de contraction est sensiblement égal à celui du laiton, et qu'il lui est même parfois un peu supérieur; puis, lorsque la transformation commence, la règle s'allonge graduellement. Si l'on réchauffe, elle se dilate de nouveau, mais avec un coefficient moindre qu'avant la transformation. Reve-

nant à la température la plus basse précédemment atteinte, on voit la règle s'allonger encore, si l'on continue à descendre, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la limite de la transformation. Le coefficient de dilatation est devenu alors sensiblement égal à celui des aciers.

» Pour les alliages réversibles, quelque chose d'analogue se produit, en ce sens qu'ils sont beaucoup moins dilatables à l'état magnétique qu'à l'état non magnétique. Lorsqu'on sort du premier état, le coefficient change graduellement, la ligne représentative des allongements se courbe fortement vers le haut, puis elle se termine dans une ligne à peu près droite qui lui est tangente. Le phénomène est continu et, pour tous les alliages étudiés, ces trois périodes sont bien accentuées, à l'exception cependant des alliages dont la température de transformation n'a pas pu être atteinte dans les expériences.

» Les deux diagrammes (*fig. 4 et 5*) donnent une idée de l'en-

Fig. 4.



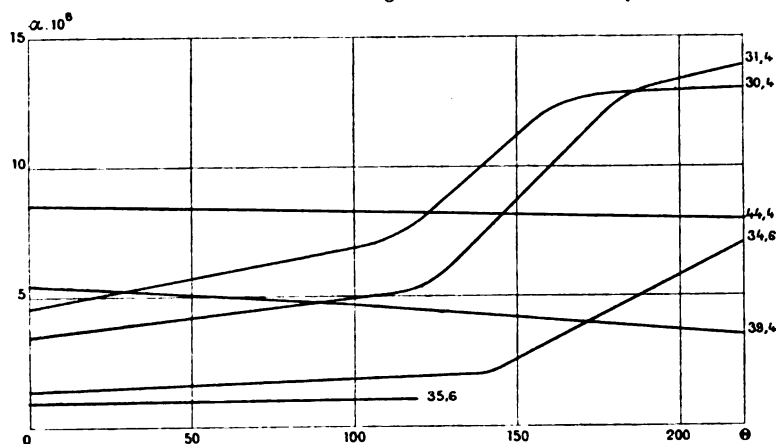
semble de ces dilatations. Le premier indique, en fonction des teneurs, le réseau des dilatations vraies, c'est-à-dire des tangentes aux courbes des allongements correspondant aux températures 0°, 50°, 100°, 150° et 200°.

» L'allure générale de ces courbes montre que, si l'on augmente graduellement la teneur entre 26 et 45 pour 100 de nickel, la dilatation diminue, passe par un minimum et se relève ensuite. La courbe correspondant à 0° descend jusqu'à 0,9 millionième. L'al-

liage à dilatation minima, dont la teneur est comprise entre 35 et 36 pour 100, se dilate dix fois moins que le platine, sept fois moins que l'iridium, vingt fois moins que le laiton.

» Si maintenant nous passons aux autres courbes du même diagramme, nous voyons les distances des courbes successives varier suivant les teneurs, indiquant l'existence d'un deuxième terme de la formule de dilatation dont la valeur est très différente, suivant les

Fig. 5.



températures et suivant les alliages. Les courbes se croisent en un point, correspondant à un alliage dont la dilatation est constante dans un large intervalle de température ; au delà, le deuxième terme est négatif, mais sa valeur absolue diminue bientôt, et l'on revient, hors des limites du diagramme, vers un deuxième alliage dont la dilatation est une fonction linéaire de la température.

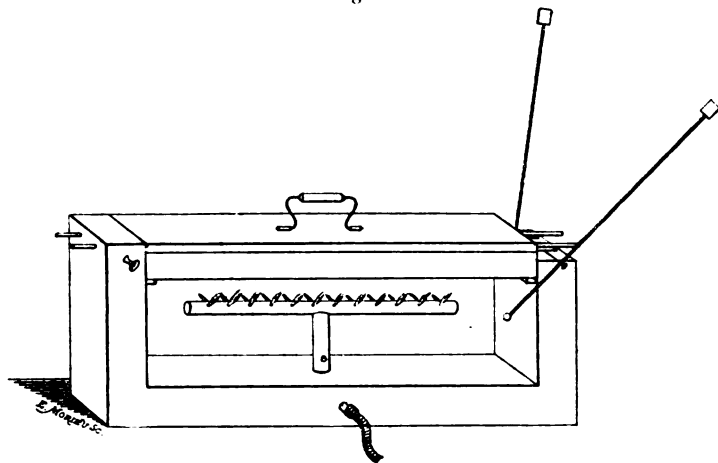
» Le deuxième diagramme représente les dilatations vraies en fonction de la température, les diverses courbes du réseau correspondant à des teneurs différentes. Nous voyons que, pour plusieurs alliages, la dilatation monte lentement jusqu'à une certaine température, après laquelle l'ascension devient beaucoup plus rapide ; puis, à une autre température, la courbe reprend sa marche lentement ascendante. Si l'on revient aux variations magnétiques, on trouve que la loi de la dilatation aux températures basses change au moment où l'alliage cesse d'être magnétique.

» Nous voyons donc que les anomalies de dilatation de ces singu-

liers alliages sont liées très étroitement à leurs variations magnétiques. Il est aisé de démontrer qu'à ce point de vue les alliages réversibles et les alliages irréversibles se comportent d'une façon semblable, l'augmentation de volume par le refroidissement constatée dans les premiers correspondant à la trop faible contraction des seconds. Dans ces derniers, deux actions se superposent et se combattent, et c'est ainsi que les dilatations thermiques de quelques-uns d'entre eux deviennent si faibles.

» Il n'est pas difficile de rendre évidentes les grandes différences qui existent dans les dilatations des aciers au nickel de diverses teneurs. La *fig. 6* représente un appareil que j'ai fait construire

Fig. 6.



dans ce but dans l'atelier du Bureau international ⁽¹⁾. Il se compose d'un bâti en fonte avec deux montants d'inégales hauteurs. L'un d'eux est percé de deux trous dans lesquels passent les tiges rondes dont on veut comparer les dilatations, et qui sont fixées par des vis de serrage. Les tiges reposent, par l'autre extrémité, sur la plate-forme qui termine le deuxième montant, et sur laquelle elles appuient par des plaques qui leur sont soudées. On introduit, entre les plaques et le montant, des épingles de même diamètre sur lesquelles on a mastiqué un index en paille bien équilibré. Les tiges sont

(1) Cet appareil m'a paru pouvoir rendre des services dans les cours de Physique : c'est ce qui m'a engagé à demander à M. Radiguet d'en entreprendre la construction.

enfermées dans une même enveloppe de métal que l'on chauffe au moyen d'un brûleur. La dilatation fait rouler les épingles, et les index se déplacent plus ou moins suivant le coefficient de dilatation des tiges.

» Il est inutile d'insister sur les avantages qui résulteront, pour certaines constructions, de l'emploi d'alliages peu dilatables. Je ne parle pas, bien entendu, d'en faire des charpentes ou des rails, à moins que le nickel arrive un jour au prix du fer, ce qui est peu probable; mais il est une foule d'appareils de demi ou de haute précision dans lesquels il est nécessaire de tenir compte des dilatations ou dans l'emploi desquels il faut prendre des précautions minutieuses pour les soustraire aux variations brusques et irrégulières de la température. Par la substitution des aciers les moins dilatables au laiton, on réduira les erreurs qui en résultent à la vingtième partie de ce qu'elles sont actuellement, tout en allégeant un peu les instruments, en raison de la plus grande rigidité des aciers au nickel. L'oxydation n'est d'ailleurs nullement à craindre, car des barres bien polies de l'acier le moins dilatable peuvent être abandonnées dans l'eau pendant des semaines sans montrer la moindre trace de rouille. Ces alliages prennent de plus un beau poli et sont, dans les bonnes coulées, d'une homogénéité suffisante pour que le microscope n'y révèle que de très rares piqures, parfois même totalement absentes. Ces alliages sont donc particulièrement appropriés à des tracés, et, par conséquent, à la construction des cercles divisés pour les mesures d'angle, ou en général de tous les instruments servant à des mesures de précision. Pour la haute précision, il y a cependant des réserves à faire, parce que ces alliages subissent avec le temps de petites variations qui, si l'on sait les traiter, peuvent rester limitées à quelques millièmes, mais qui sont encore trop considérables pour qu'on puisse les employer à la construction des étalons *de premier ordre*. Il me suffira d'avoir mentionné ici l'existence de ces variations dont les lois seront indiquées à une autre occasion.

» Je voudrais dire un mot seulement d'une application tout indiquée de ces alliages : la construction des pendules compensés. Chacun connaît les pendules à gril et les pendules à mercure, mais il faut avoir entendu les doléances de ceux qui les construisent pour

savoir combien il est difficile de les rendre parfaits. Les nouveaux alliages suppriment d'un seul coup les difficultés inhérentes à l'une comme à l'autre des deux constructions. Une tige de l'alliage le moins dilatable, associée à une lentille en laiton ou en acier au nickel très dilatable, peut constituer un pendule compensé de dimensions convenables, puisque, pour un pendule battant la seconde, il suffira de donner à la lentille une hauteur de 15^{cm} à 16^{cm}, pour que sa dilatation ramène au même point le centre d'oscillation abaissé par la dilatation de la tige.

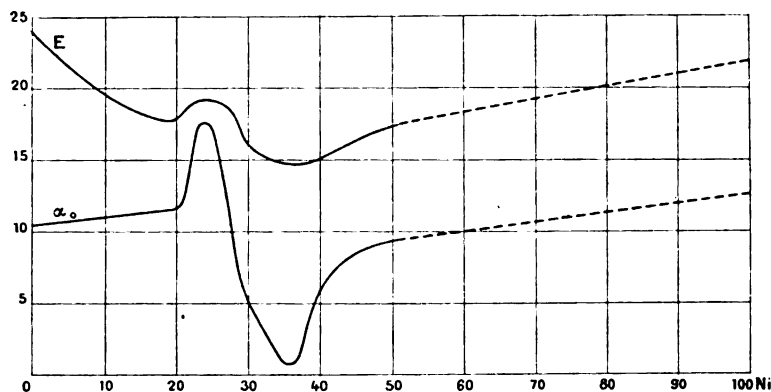
» Comme le deuxième terme de la formule de dilatation est lui-même variable d'un alliage à l'autre, on pourra faire en sorte que le rapport des deux termes soit le même pour la tige et pour la lentille, et l'on aura ainsi constitué un système entièrement compensé, non seulement à deux températures déterminées, comme dans les pendules actuels, mais encore à toutes les températures intermédiaires.

» *Densité et élasticité.* — La densité des aciers au nickel n'est pas régie par la loi des mélanges. Les différences, bien qu'irrégulières, sont en moyenne systématiques. On trouve en effet que les densités sont légèrement en excès dans les alliages très dilatables et en défaut dans les alliages peu dilatables, comme si, dans les premiers, la matière trop serrée à la température ordinaire cherchait, par sa dilatation, à reprendre sa structure normale, et inversement pour les seconds. Tous les alliages qui nous intéressent ont une densité comprise entre 8,0 et 8,1.

» Pour l'élasticité, je me suis borné à la mesure des modules, par la flexion des barres, tout en restant dans les limites de la déformation élastique. Le diagramme (*fig. 7*) représente l'ensemble des résultats. Les lignes pointillées relient les derniers points observés aux valeurs trouvées pour le nickel pur. On voit que l'association du fer et du nickel abaisse sensiblement le module. Mais, sur une courbe générale, formant une sorte d'anse entre l'acier ordinaire et le nickel pur, viennent se greffer deux déviations inverses, l'une positive, l'autre négative. Or, si l'on représente les valeurs des dilatations obtenues à la même température et dans le même état des alliages, on voit que les maxima et les minima des deux propriétés coïncident assez exactement. C'est une curieuse correspon-

dance qui corrobore ce qui vient d'être dit sur l'état de tassement de la matière à l'endroit du maximum et du minimum.

Fig. 7.



» On peut d'ailleurs faire disparaître à peu près l'anomalie positive d'élasticité comme l'anomalie positive de dilatation dans les alliages irréversibles en les faisant passer à l'état magnétique. Les deux courbes viennent alors se souder à celles qui commencent aux premiers alliages réversibles et les deux anomalies négatives subsistent seules.

» *Conclusions.* — Les études dont je viens d'indiquer une ébauche sont bien loin de leur terme. Si nous connaissons déjà quelques-unes des relations qui unissent entre elles certaines propriétés des aciers au nickel, un grand nombre d'autres nous sont inconnues. Nous sommes très mal renseignés sur l'action des métaux ou métalloïdes les plus ordinaires sur le mélange de fer et de nickel. Nous connaissons un peu l'action du chrome, mais ce point est loin d'être complètement élucidé. J'ai cherché si les résistances électriques nous donnaient une nouvelle coïncidence avec les autres propriétés, et je dois dire que je m'attendais à tout, sauf à ce que l'expérience a révélé. Les relations si curieuses entre les teneurs et les diverses propriétés des alliages, les variations bizarres avec la température n'ont pas la moindre répercussion sur les résistances électriques. L'alliage le moins dilatable varie plus sous l'action de la température que celui qui se dilate vingt fois plus. Le passage à l'état non magnétique dans les alliages réversibles n'est accompagné d'aucun coude dans

la courbe qu'une formule à deux termes contient tout entière pour chaque alliage dans un espace de 150 degrés au moins.

» Mais il est probable que les résultats seront plus positifs dans d'autres directions, particulièrement pour les chaleurs spécifiques, les chaleurs de transformation dans les alliages des deux catégories, les pouvoirs thermo-électriques, etc.; sans compter tout ce qui reste à faire au sujet des propriétés dont l'étude est commencée.

» Ce seul programme fait prévoir un ensemble de recherches trop considérable pour qu'un travailleur isolé en vienne à bout. L'étude des alliages a déjà été inscrite au programme des travaux du laboratoire, auquel notre Société s'intéresse si vivement; peut-être trouvera-t-on quelque intérêt à faire une incursion du côté des aciers au nickel; je crois qu'il reste encore assez de phénomènes peu connus pour récompenser bien des efforts.

ERRATUM.

Dans la Communication de M. Foveau de Courmelles, publiée dans le *Bulletin* de novembre dernier, la *fig. 2*, page 558, devrait occuper la place de la *fig. 3*, page 564, et réciproquement.

BIBLIOGRAPHIE.

Cours de Physique à l'usage des candidats aux Écoles spéciales, par J. CHAPPUIS et A. BERGET. Un vol. grand in-8° avec 465 figures. Paris, 1897. Gauthier-Villars et fils.

Conçu dans le même esprit que les *Leçons de Physique générale*, aujourd'hui classiques, publiées par les mêmes auteurs, le *Cours de Physique* contient les matières du programme d'admission aux Écoles Normale, Centrale et Polytechnique. Écrit avec la grande clarté qui caractérise l'enseignement de MM. Chappuis et Berget, il contient toutes les matières utiles à cet enseignement de transition entre la Physique élémentaire et la Physique supérieure; matières traitées dans les sept Chapitres : Unités. Mesures des longueurs et des angles. — Pesanteur. Mesure des temps et des masses; — Statique des liquides et des gaz. Écoulement des liquides; — Chaleur; — Optique. — Électricité statique; — Magnétisme. La partie mathématique, dont souvent la prédominance voulue travestit la Physique en lui ôtant son caractère de Science expérimentale, est ramenée à de justes limites; la description des appareils et l'exposé des méthodes classiques sont empruntés aux Mémoires originaux.

Il y a donc tout lieu de croire que ce *Cours de Physique* trouvera auprès des élèves de Mathématiques spéciales le même accueil que les *Leçons de Physique générale* ont trouvé auprès des élèves de nos grandes Écoles et de nos Facultés des Sciences.

Les Fours électriques et leurs applications (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*), par AD. MINET. Un vol. in-8°. Paris, 1897. Gauthier-Villars et fils.

M. Minet divise son Ouvrage en quatre Parties : la *première* comprend l'étude des travaux calorifiques du courant et la description des appareils de chauffage appliqués à l'usage domestique; la *deuxième*, l'étude de l'arc voltaïque et des charbons électriques.

Les fours électriques proprement dits, le carbure de calcium et l'acétylène font l'objet des *troisième* et *quatrième* Parties.

Ce Volume complète l'Ouvrage du même auteur sur l'Électrométallurgie, paru récemment dans l'*Encyclopédie*.

On retrouve dans cet exposé les qualités distinctives des études de M. Minet, qui sont toujours présentées avec compétence et qui s'appuient sur une sérieuse documentation.

C'est aussi un Ouvrage tout d'actualité que les Électrochimistes liront avec intérêt.

Les constantes physico-chimiques. Petit in-8° (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*). par D. SIDERSKY. Paris, 1897. Gauthier-Villars et fils.

Ce Livre, unique dans son genre, est à la fois un Manuel pratique de Physique chimique et un répertoire des principales constantes physiques des matières et substances

employées dans l'industrie. Il est divisé en six Parties distinctes, traitant successivement de la *Densité*, du *Changement d'état physique*, de la *Viscosité*, de la *Réfraction*, de la *Calorimétrie industrielle* et de la *Photométrie*, et donne la description des méthodes les plus modernes et les plus expéditives pour la détermination de ces constantes.

Le Chapitre relatif aux indices de réfraction est particulièrement intéressant par l'exposé théorique, la description des principaux instruments employés et les nombreux Tableaux numériques indiquant l'indice de réfraction d'un nombre considérable de substances, observées à la lumière sodique et à la température normale de 20° C. Le Chapitre de la densité occupe, naturellement, la première place du Volume et les autres Chapitres sont proportionnés chacun suivant son importance. Il renferme, en outre, bien des choses inédites et des indications sur la détermination des poids moléculaires des composés organiques. 58 gravures, bien soignées, sont intercalées dans le texte.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1898. Vol. in-18, de vi-806 pages, avec 2 Cartes magnétiques.

La maison Gauthier-Villars vient de publier, comme chaque année, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1898. Ce petit Volume compact contient comme toujours une foule de renseignements scientifiques qu'on ne trouve que là. Le Volume de cette année contient en outre les Notices suivantes : *Sur la stabilité du système solaire*; par M. H. POINCARÉ. — *Notice sur l'œuvre scientifique de M. H. Fizeau*; par M. A. CORNU. — *Sur quelques progrès accomplis avec l'aide de la Photographie dans l'étude de la surface lunaire*; par MM. M. LOEWY et P. PUISEUX. — *Sur les travaux exécutés en 1897 à l'observatoire du mont Blanc*; par M. J. JANSSEN. — *Discours prononcés au cinquantième anniversaire académique de M. Faye, le 25 janvier 1897*; par MM. J. JANSSEN et M. LOEWY.

Cuirassés et projectiles de marine. Petit in-8° (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*), par E. VALLIER. Paris, Gauthier-Villars et fils; 1897.

Ce Volume continue l'Ouvrage sur les projectiles de campagne, de siège et de place et sur les fusées déjà paru dans l'*Encyclopédie*. Avec sa haute compétence, l'Auteur étudie les cuirassés au point de vue de la lutte si passionnante entre l'artillerie et la cuirasse, et les projectiles dont disposent à cet effet les différentes puissances.

La Traction mécanique des tramways, par RAYMOND GODFERNAUX, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. in-8° avec nombreuses figures. Librairie Polytechnique Baudry et C^{ie}.

L'Auteur s'est proposé de fournir, à ceux qui s'intéressent à la question de la traction mécanique des tramways, les éléments d'une étude sur les différents moteurs en service, d'exposer les derniers perfectionnements dont ils ont été l'objet, de mettre en relief les avantages et les inconvénients de chacun d'eux.

Le premier Chapitre donne un excellent et bref exposé du calcul de la résistance des véhicules de tramways à traction.

L'Auteur passe ensuite en revue les divers systèmes de traction mécanique en les divisant en trois classes :

- I. — Tramways où l'énergie est produite sur le véhicule. Tramways à vapeur système Rowan, Serpollet.
- II. — Tramways emmagasinant une certaine quantité d'énergie produite dans une usine centrale : Tramways à locomotives sans foyer, à air comprimé, à accumulateurs électriques, à gaz.
- III. — Tramway empruntant l'énergie à une source extérieure au fur et à mesure de la consommation : Tramways funiculaires, tramways électriques à fil aérien, à fil souterrain, à contacts superficiels.

L'Auteur a su remplir son programme d'une manière complète, en réunissant une foule de documents précis et clairement présentés, et qui feront de son Ouvrage un livre précieux pour l'Ingénieur électricien.

Les Dynamos, par J.-A. MONTPELLIER, Rédacteur en chef de *l'Électricien*. Grand in-8.
118 pages, 303 figures. Librairie P. Vicq, Dunod et C^{ie}.

Ce livre est le premier d'une série qui paraîtra sous le titre : *Bibliothèque pratique de l'Électricien*.

Cet important Ouvrage a été rédigé à un point de vue essentiellement pratique. Il existe certainement d'excellents Traités sur les dynamos, mais ces Ouvrages, bien plus théoriques que pratiques, ne peuvent être lus avec profit, à cause des nombreux développements mathématiques qu'ils comportent, quo par des ingénieurs ou des savants. Rien jusqu'à présent n'avait été publié en France pour donner, à tous ceux qui utilisent des dynamos, un guide complet et pratique où ils puissent trouver, indépendamment des notions théoriques indispensables, tout ce qu'il est nécessaire de savoir pour choisir, installer, essayer, conduire et entretenir ces intéressantes machines.

C'est pour réaliser ce programme que l'Auteur a écrit son livre des *Dynamos*, dans lequel, tout en restant absolument dans les limites de l'exactitude scientifique la plus rigoureuse, il a su se mettre à la portée de tout lecteur, faisant ainsi œuvre de saine et véritable vulgarisation.

L'Ouvrage proprement dit est précédé d'une soixantaine de pages où sont exposés les principes d'électrotechnique. Cette introduction constitue un véritable précis renfermant tout ce qu'il est indispensable de connaître pour aborder avec fruit l'étude des dynamos. On y trouve l'explication claire et précise de tous les termes et de toutes les expressions actuellement d'usage courant dans le langage électrotechnique, ainsi que la définition des unités électriques et mécaniques qui sont aujourd'hui universellement adoptées.

L'Ouvrage a été divisé en deux Parties : Dans la première, consacrée à l'étude descriptive des dynamos, l'Auteur a d'abord exposé les principes sur lesquels repose leur fonctionnement et a ensuite décrit les divers types usuels de dynamos à courant continu, et d'alternateurs ordinaires ou polyphasés. Il a eu le soin de laisser de côté la description des machines qui ne présentent qu'un intérêt historique et aussi celles dont la pratique n'a pas sanctionné la valeur.

La seconde Partie traite longuement de l'installation, de la commande, de la conduite et de l'entretien des dynamos. Les dérangements qui peuvent survenir pendant leur fonctionnement sont minutieusement étudiés, ainsi que les divers moyens de les pré-

venir et d'y remédier. Enfin cette Partie pratique se termine par l'exposé des méthodes d'essai permettant de vérifier une dynamo lors de sa mise en service.

En raison de la grande quantité de renseignements pratiques qu'il contient, cet important Ouvrage, différant complètement de tous ceux qui ont été écrits jusqu'à ce jour, peut être considéré comme indispensable à tous ceux qui, à un titre quelconque, ont à s'occuper de dynamos.

Electromoteurs et leurs applications, par G. DUMONT, Ingénieur des Arts et Manufactures, Vice-Président de la Société des Ingénieurs civils de France. Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*) Librairie Gauthier-Villars et fils.

Les applications des électromoteurs dans une quantité d'industries s'étant développées dans ces dernières années et devant prendre, de jour en jour, une extension plus grande, l'Ouvrage a pour but de donner des renseignements complets sur le fonctionnement et l'emploi de ces électromoteurs.

L'Auteur expose d'abord les procédés actuellement employés pour distribuer l'énergie dans une usine, indique leurs avantages et leurs inconvénients et les compare au système de distribution par l'électricité.

La deuxième Partie est consacrée à l'étude des électromoteurs à courant continu et à leurs conditions de fonctionnement; l'examen des divers types d'électromoteurs à courants alternatifs et à leur mode d'emploi; enfin à la comparaison de ces deux sortes d'électromoteurs. L'étude des électromoteurs à courant continu et à courants alternatifs est précédée du rappel des principales lois relatives à ces deux sortes de courants. Le lecteur possède ainsi tous les éléments nécessaires à l'appréciation de la valeur relative des types d'électromoteurs, de leurs rendements, de leur utilisation et du choix à en faire, suivant les circonstances.

Dans la troisième Partie, il est donné des indications sur les divers systèmes de transmissions électriques.

La quatrième Partie traite des avantages des transmissions électriques sur les transmissions mécaniques, et la cinquième Partie donne des résultats d'essais sur la puissance réellement absorbée par certains outils, ce qui permet de calculer la puissance à prévoir pour installer une transmission électrique d'atelier.

Enfin, dans une sixième et dernière Partie, l'Auteur a passé en revue les principales applications déjà réalisées avec les électromoteurs.



PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

2/12. — Canalisations souterraines pour éclairage à arc; *S. Sharpsteen*. — Remplacement du câble par le trolley souterrain à Washington; *N. Hopkins*.

9/12. — L'Électricité dans les fabriques de coton; *W. Whaley*. — Applications pratiques du coherer; *A. Brown*. — Densités de courant à employer dans les canalisations; *C. Sewall*. — Alternateur à fer tournant de Steinmetz.

16/12. — Densités de courant... (*fin*); *C. Sewall*. — Jonction des rails; *W. Harrington*.

Electrical World.

4/12. — Montage des génératrices puissantes; *G. Hantchet*. — Traceur de courbes; *E. Rosa*.

11/12. — Nouvel appareil pour mesures magnétiques; *R. Treat* et *J. Esterline*. — De la qualité des lampes à incandescence; *F. Wilcox*. — Machines auxiliaires à bord des vaisseaux; *G. Dickie*.

18/12. — Expériences à grande distance sur l'induction des courants de haute fréquence; *E. Northrup*, *G. Pierce* et *F. Reichmann*.

25/12. — Expériences... (*suite*); *E. Northrup*, *G. Pierce* et *F. Reichmann*. — Traction électrique; *C. Marshall*.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

9/12. — Moteurs asynchrones; *C. Steinmetz*. — Essais d'isolement des réseaux à courants alternatifs; *K. Wilkens*. — Rendement des translateurs; *A. Reding*. — Recherches sur les prises de terre; *F. Vesper*.

16/12. — Moteurs asynchrones; *C. Steinmetz*. — Lampes à arc enfermé; *W. Wedding*.

23/12. — Influence du rapport de réduction sur le rendement des moteurs de tramways; *E. Fischinger*. — Sur les facteurs déterminant les bénéfices des installations électriques; *C. Feldmann*.

30/12. — Nouvelle méthode pour éviter les étincelles; *J. Fischer Hinnen*. — Moteurs asynchrones; *C. Steinmetz*. — Sur les facteurs... (*fin*); *C. Feldmann*. — Interrupteur rapide; *P. Meyer*. — Des capacités dans les câbles; *H. Andriesen*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

10/12. — Sur les écrans magnétiques; *H. du Bois*. — Méthodes d'essais pour les lignes télégraphiques; *J. Young*. — Traceur de courbes électriques; *E. Rosa*. — Système téléphonique du Royaume-Uni; *F. Raphael*.

17/12. — Sur les écrans magnétiques; *E. Wilson*. — Méthode pour le démarrage des moteurs asynchrones à courants alternatifs; *R. Arno*. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*.

24/12. — Sur les accumulateurs; *E. Wade*. — Distribution de l'énergie électrique; *C. Wordingham*. — Tramway de Cloutarf. — Installations du Rand (Johannesburg).

31/12. — Sur les écrans magnétiques; *H. du Bois*. — Traceur de courbes électriques; *E. Rosa*. — Méthodes d'essais... (*suite*); *J. Young*. — Les « Alkali Works » au Niagara; *S. Haskin*.

Electrical Review.

10/12. — L'Électricité dans les fabriques de coton; *W. Whaley*. — Essais des accumulateurs; *R. Kennedy*. — Mesure des courants triphasés; *L. Fry*.

17/12. — Risques d'incendie des installations électriques; *L. Taylor*.

24/12. — Essais des accumulateurs; *R. Kennedy*. — Usines de la General Electric à Shenectady; *H. Gunton* et *H. Lomas*.

31/12. — Localisation des défauts sur les câbles sous-marins. — Essais des accumulateurs (*fin*); *R. Kennedy*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

5/12. — Tramways de Prague. — Développement des multiples dans les bureaux centraux.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

- Annuaire de l'observatoire municipal de Montsouris* pour l'année 1898.
1 vol. in-18. Paris, Gauthier-Villars et fils. (*Don des Éditeurs.*)
- Annuaire des Sociétés savantes, littéraires et artistiques de Paris*, par les
Secrétaires généraux, pour 1897; 1 vol. in-12. Paris, Imprimerie de
l'Hôtel des Sociétés savantes, 1897. En souscription.
- Annuaire du Bureau des Longitudes* pour l'année 1898. 1 vol. in-18. Paris,
Gauthier-Villars et fils. (*Don des Éditeurs.*)
- Association parisienne de propriétaires d'appareils à vapeur*, 23^e Bulletin
annuel, exercice 1896-1897. Paris, Imprimerie Capiomont et C^{ie}. (*Don
de l'Association parisienne.*)
- Constantes physico-chimiques*, par M. SIDERSKY; 1 vol. in-8. Paris, Gau-
thier-Villars et fils et G. Masson. (*Don de MM. Gauthier-Villars et fils.*)
- Cours de Physique*, par MM. JAMES CHAPPUIS et ALP. BERGET; 1 vol. grand
in-8°. Paris, Imprimerie Gauthier-Villars et fils. (*Don des Éditeurs.*)
- Cuirasses et Projectiles de Marine*, par M. E. VALLIER; 1 vol. petit in-8°. Paris,
Gauthier-Villars et fils et G. Masson et C^{ie}. (*Don de MM. Gauthier-
Villars et fils.*)
- Discours prononcé à la Séance générale du Congrès des Sociétés savantes*,
par MM. BABELON et RAMBAUD. Paris, Imprimerie Nationale, 1897. (*Don
du Ministère de l'Instruction publique.*)
- Électrochimie. Production électrolytique des composés chimiques*, par
M. AD. MINET; 1 vol. in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils et G. Masson.
(*Don de MM. Gauthier-Villars et fils.*)
- Étude des cornets acoustiques par la photographie des flammes de Kœning*,
par M. MARAGE 1 broch. in-8°. Paris, G. Masson et C^{ie}. (*Don de l'Au-
teur.*)
- Formulaire de l'Électricien*, 15^e année, 1897, par M. ED. HOSPITALIER; 1 vol.
in-16. Paris, Masson et C^{ie}. (*Don des Éditeurs.*)

- Formulaire physico-chimique*, par M. DONATO TOMMASI; 1 vol. in-8. Paris, J. Fritsch, 1898. (*Don de l'Éditeur.*)
- Fours électriques et leurs applications*, par M. AD. MINET; 1 vol. petit in-8°. Imprimerie Gauthier-Villars et fils et G. Masson. (*Don de M.M. Gauthier-Villars et fils.*)
- Heure décimale et la division de la circonférence. Système de Sarranton.* Conférence faite par M. GALLICE à l'Union des Yachts français; 1 brochure de 32 pages et 2 planches. Paris, E. Bernard et C^{ie}. (*Don de l'Auteur.*)
- Incandescence par le gaz, Brûleurs et Manchons*, par M. A. BANDSEPT; 1 brochure in-8°. (*Don des Auteurs.*)
- Instruments et méthodes de mesures électriques industrielles*, par M. H. ARMAGNAT. 1 vol. gr. in-8°. Paris, G. Carré et C. Naud. (*Don des Éditeurs.*)
- Leçons sur l'Électricité*, par M. ÉRIC GÉRARD; t. I et II, 5^e édition; 2 vol. grand in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897-1898. (*Don des Éditeurs.*)
- Le Laboratoire d'Électricité, Notes et Formules*, par le D^r J.-A. FLEMING; 1 vol. in-8. Paris, Imprimerie Gauthier-Villars et fils. (*Don des Éditeurs.*)
- Les huiles minérales, Pétrole, Schiste, Lignite*, par M. F. MIRON; 1 vol. petit in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils et G. Masson. (*Don de M.M. Gauthier-Villars et fils.*)
- Manuel d'Électrochimie*, par M. H. BECKER; 1 vol. in-8, Paris, J. Fritsch, 1898. (*Don de l'Éditeur.*)
- Manuel pratique du monteur électricien*, par M. J. LAFFARGUE; 3^e édition. 1 vol. in-8. Paris, Bernard Tignol. (*Don de l'Auteur.*)
- Note sur le montage des appareils d'éclairage électrique des voitures et fourgons sur le Chemin de fer du Nord*, par M. EUG. SARTIAUX; 1 broch. petit in-8. (*Don de l'Auteur.*)
- Notes sur les divers appareils de manutention électro-mécaniques employés sur le réseau du Chemin de fer du Nord*, par M. EUG. SARTIAUX; 1 broch. grand in-4°. Extrait de la *Revue générale des Chemins de fer*, juin 1897. (*Don de l'Auteur.*)
- Rayons cathodiques et rayons de Röntgen, étude expérimentale*, par M. JEAN PERRIN; 1 vol. grand in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897. (*Don des Éditeurs.*)
- Syndicat professionnel des Industries électriques, Annuaire 1896*. Lille. Imprimerie Lefèvre-Ducroq, 1897. (*Don du Syndicat.*)

Étranger.

- Catalogue of the University of Wisconsin pour 1895-1897*. 1 vol. in-18. Madison, Librairie de l'Université. (*Don de University of Wisconsin.*)

Teyoria geometrica dei campi vettoriali; Memoria di Galileo Ferraris.
1 broch. in-4°. Torino, Carlo Clausen, 1897. (*Don des sœurs de l'Auteur.*)

The John Crerar Library. First annual report for the year 1895. Chicago,
printed by order of the board of directors, 1897. (*Don de Crerar Library.*)

The John Crerar Library. Second annual report for the year 1896.
1 broch. grand in-8. Chicago, 1897. (*Don de John Crerar Library.*)



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Remarques sur l'histoire de la télégraphie sans fil (M. Branly), p. 65.

Nouveaux moteurs à courants polyphasés, p. 68. — Condensateurs industriels. — Alternateur auto-exciteur (M. Boucherot), p. 79.

COMPTE RENDU
DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE
du mercredi 2 février 1898 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. PELLAT, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8^h45^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

M. ÉDOUARD BRANLY présente quelques remarques à propos de l'histoire sur la télégraphie sans fil que M. Voisenat a développé dans la dernière séance.

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

« Dans la télégraphie hertziennne sans fil, il y a un transmetteur et un récepteur. Le transmetteur est l'oscillateur de Hertz, il vous a été rappelé sommairement. Une description rapide du récepteur n'est pas inutile. Le récepteur est le tube à limaille de mes expériences de 1890, employé *avec le même dispositif que le mien*. Sa construction et l'usage qu'on peut en faire pour une transmission de signaux se comprennent par la lecture de la première expérience que j'ai décrite dans ma Communication à la Société de Physique en avril 1891.

» On forme un circuit comprenant un élément de pile, un galvanomètre et une poudre métallique; cette poudre est intercalée dans un tube en verre ou en ébonite entre deux tiges métalliques qui établissent la communication avec le reste du circuit. Si la limaille est suffisamment fine, le courant est complètement ou à peu près complètement arrêté, même avec un galvanomètre très sensible. On fait éclater à une certaine distance du circuit la décharge d'une bouteille de Leyde. Le galvanomètre est alors brusquement dévié et reste dévié.

» Dès le début, j'ai constaté que l'étincelle d'une décharge déterminait la conductibilité jusqu'à plus de 20^m de distance (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 4 novembre 1890). Un choc rétablit la résistance primitive ou même la dépasse.

» *Dès ce moment*, j'expliquais le phénomène en écrivant que « les courants oscillatoires très rapides produits dans la décharge d'un condensateur donnent lieu, à distance, à des effets d'induction d'une très grande puissance; de là, des courants induits très actifs qui traversent la poudre métallique ».

» Le physicien Calzecchi, dont les expériences ont été rapprochées des miennes par M. Voisenat, a observé des accroissements de conductibilité sur des limailles, mais elles se trouvaient en communication *directe* avec un appareil producteur de courants induits. Cela ne faisait pas prévoir l'action à distance et n'aurait pas conduit aux essais de Marconi. En partant de l'action à distance et en l'expliquant comme je viens de le rappeler, j'ai été amené moi-même à opérer par l'action directe : c'est en ce point que ces expériences spéciales, distinctes des effets à distance, sont analogues à celles de Calzecchi, mais pour un instant seulement, car je ne me suis pas

arrêté là dans l'étude des conducteurs discontinus et des circonstances de leur conductibilité.

» Mon tube à limaille est un *révélateur* sensible de courants induits. Sans changer mon mode opératoire : limaille, élément de pile et galvanomètre, Lodge en a fait usage pour répéter les expériences de Hertz. Il ne s'agit encore là que de courants induits, exaltés par la périodicité, et cette application directe et toute naturelle n'ajoute rien à la valeur de mon procédé. Lodge appelle le tube à limaille un *coherer*. Je combats cette appellation qui traduit une interprétation inexacte du phénomène; j'ai fait voir en effet que des agglomérés solides de poudres métalliques et d'isolants où les particules sont *fixes* se comportent en tout comme les limailles à particules mobiles : persistance, action du choc et de la chaleur, sensibilisation par un premier effet, etc. Le terme *radioconducteurs*, qui rappelle l'apparition de la conductibilité par les radiations électriques, a l'avantage de ne pas être incorrect.

» J'ai toujours attaché à mes recherches une grande importance théorique et pratique; aussi mon étude a-t-elle été patiente et elle a assis les bases d'un nouveau chapitre de la conductibilité électrique. Les phénomènes que j'ai observés sont trop multiples pour que j'y insiste actuellement : je ferai seulement remarquer que, depuis mes expériences de 1891, bien que de nombreux savants étrangers les aient reprises, aucun fait n'y a été ajouté.

» C'est en m'appuyant sur une étude approfondie que j'ai pu récemment insister sur la condition de légère conductibilité qui me paraît jouer le rôle essentiel dans la sensibilité du récepteur de la télégraphie sans fil.

» J'ai pu aussi proposer des radioconducteurs susceptibles de remplacer les tubes à limaille dans diverses applications de conductibilité intermittente. Ce sont des feuilles de collodion ou de cellulose imprégnées de limaille ou une simple rondelle métallique vernie ou oxydée. Leur essai à grande distance mériterait d'être tenté. »

**MOTEURS A COURANTS POLYPHASÉS A INDUITS FERMÉS SUR EUX-MÊMES
ET DÉMARRANT EN CHARGE (1).**

M. BOUCHEROT. — « Messieurs, je vais avoir l'honneur de vous présenter, dans cette séance et dans la suivante, quelques machines et appareils que j'ai imaginés et réalisés depuis environ quatre ou cinq ans.

» Ces créations ne sont donc pas précisément nouvelles pour tout le monde; plusieurs de nos collègues, et non des moins éminents, ont bien voulu se déranger à diverses reprises pour assister aux expériences et aux essais de quelques-unes depuis deux ou trois années.

» J'ai cru pouvoir vous intéresser en vous les présentant tout de même malgré ce grand retard.

» Je commencerai aujourd'hui par deux types de moteurs à courants polyphasés, à induits fermés sur eux-mêmes et donnant un couple de démarrage sensiblement proportionnel au courant absorbé, c'est-à-dire égal, pour un même courant, au couple en vitesse.

» Mais auparavant permettez-moi de vous faire en quelques mots l'historique des moteurs à courants polyphasés et de montrer ainsi que la Science française a bien apporté sa part de contribution à l'élaboration de ces intéressantes machines.

» Pour le bien montrer j'emprunterai la plupart de mes affirmations au livre très documenté de Silvanus Thompson, traduit par notre collègue, M. Boistel.

» C'est Arago qui découvrit en 1824-1825 qu'un disque conducteur tournant dans son plan peut entraîner un aimant parallèlement à lui-même et dans le même sens, si cet aimant est assez rapproché de lui et susceptible de tourner autour d'un axe coïncidant avec celui du disque; et que, inversement, l'aimant, tournant, peut entraîner le disque dans les mêmes conditions.

» En 1879, un Anglais, M. Walter Baily, répéta l'expérience d'Arago en produisant le déplacement des pôles de l'aimant d'une

(1) Communication faite en séance du 12 janvier 1898.

façon artificielle, au moyen de quatre électro-aimants fixes répartis symétriquement autour de l'axe du disque et dans lesquels il envoyait un courant continu, interrompu par un commutateur spécial de manière à aimanter successivement les quatre électro-aimants.

» En 1880, M. Marcel Deprez démontra que l'on peut produire un champ magnétique tournant au moyen de deux courants décalés d'un quart de période lancés dans deux bobines placées à angle droit. Mais absorbé sans doute par ses recherches sur le courant continu, il n'appliqua pas, croyons-nous, ce résultat à l'entraînement d'un disque conducteur.

» Il est évident que, dès ce moment, le moteur à champ tournant était bien près de sa réalisation, puisqu'il suffisait de combiner le théorème de M. Deprez avec l'expérience d'Arago pour y parvenir. Mais des combinaisons comme celle-là, qui paraissent très simples quand elles sont réalisées, exigent souvent des artisans exceptionnels pour leur mise en œuvre.

» Il était réservé au regretté professeur Ferraris et à M. Tesla d'être, en 1887-1888, ces artisans, et cela à peu près simultanément. Ce dernier, en outre, remplaça le disque de cuivre par un noyau de fer recouvert d'enroulements fermés sur eux-mêmes, ce qui améliora sensiblement le fonctionnement.

» Mais, même avec la disposition de M. Tesla, modifiée ensuite par MM. Brown et Dolivo-Dobrowolsky par l'emploi de la cage d'écureuil, le moteur à courants polyphasés ne pouvait se prêter qu'à des usages très restreints par suite des grandes difficultés de démarrage, en charge.

» Dans les petits modèles, et jusqu'à 10 chevaux environ, on peut obtenir de ces moteurs, avec l'aide d'appareils accessoires de démarrage analogues à des transformateurs et avec des courants peu supérieurs aux courants de charge en vitesse, des couples de démarrage sensiblement égaux aux couples en charge. Dans les modèles plus grands, il n'en est plus de même; c'est ainsi que, par exemple, un moteur de 60 chevaux de ce type ne peut démarrer qu'à vide en absorbant un courant très supérieur au courant normal de charge.

» Mais, même pour les moteurs au-dessous de 10 chevaux, ce n'est pas ce qu'on peut appeler un démarrage en charge. Dans

presque toutes les applications, pour obtenir un démarrage en charge, il faut avoir un couple égal à une fois et demie ou deux fois le couple normal de manière à vaincre les résistances additionnelles provenant des frottements au départ et de l'inertie.

» Sans nous préoccuper de l'augmentation des résistances de frottement au départ, considérons un appareil rotatif ayant un couple résistant C , indépendant de la vitesse, et un moment d'inertie K ; le couple à produire à un moment quelconque pendant la période de démarrage est

$$C_t = C + K \frac{d\omega}{dt}.$$

» Si donc le couple produit par le moteur C_t est très peu supérieur au couple résistant C , $\frac{d\omega}{dt}$, c'est-à-dire l'accélération angulaire, sera très faible et il faudra un temps très long pour démarrer.

» Donc, sauf pour certains appareils, comme les ventilateurs et les pompes centrifuges, dont les résistances passives sont très faibles pour une vitesse nulle, il faut en général munir ces moteurs de débrayages qui en augmentent le prix et compliquent les manœuvres. Je passe sous silence les difficultés plus ou moins grandes de réglage des appareils accessoires de démarrage.

» Ce n'est que par l'adjonction, aux enroulements induits, de résistances variables que l'on a pu faire démarrer ces moteurs dans des conditions identiques à celles des moteurs à courant continu.

» C'est notre sympathique collègue, M. Maurice Leblanc, qui a indiqué le premier cette solution, et cela dès 1889.

» Il donna en même temps une théorie mathématique très complète du fonctionnement des moteurs à courants alternatifs simples et polyphasés qui fut la première théorie exacte et parfaite sur ce sujet.

» On pourrait se demander, Messieurs, pourquoi il a fallu, à partir de ce moment, attendre quatre ou cinq années pour voir quelques constructeurs français se décider à exécuter des moteurs à courants polyphasés... dans des conditions peu flatteuses pour nous.

» Le fait certain, c'est que les remarquables travaux de nos collègues, qui ont paru en France depuis cette époque, ceux de M. Mas-

cart, de M. Potier, de M. Picou, de M. Blondel, et d'autres encore, prouvent que cette question est connue à fond ici, à tous les points de vue.

» Ceci dit, je passe à l'exposé des appareils que je veux vous présenter.

» Dans les moteurs à résistances variables dans l'induit, les enroulements de l'induit aboutissent à des bagues sur lesquelles des frotteurs recueillent les courants induits pour les envoyer dans les résistances. Cette disposition présente quelques inconvénients.

» En premier lieu, pour ne pas être tenu de mettre des bagues et des frotteurs de surfaces énormes, les enroulements induits doivent être calculés et établis pour fournir, au moment du démarrage, des courants d'une tension moyenne : 50 ou 100 volts. Un induit ainsi constitué n'a donc pas la robustesse d'une cage d'écureuil ou d'un enroulement en barres de cuivre en court-circuit dans lequel il n'y a jamais plus de quelques volts (2 ou 3, au plus) de différence de potentiel. Ce n'est évidemment pas une difficulté très grande, mais il en résulte que la partie mobile est aussi délicate que la partie fixe.

» D'autre part, les bagues et frotteurs exigent une surveillance, ou tout au moins un entretien qu'il est intéressant de pouvoir supprimer.

» Une première solution consiste dans la combinaison dans un même induit de plusieurs enroulements de qualités différentes réalisant cette condition indispensable au bon fonctionnement d'un moteur industriel : variation du couple toujours en sens contraire à la variation de vitesse.

» Les analyses mathématiques du fonctionnement d'un moteur ordinaire, faites par différents auteurs, montrent que pour avoir un couple et un courant constants quelle que soit la vitesse, il faudrait faire varier automatiquement la résistance de chaque circuit fermé de l'induit, en l'augmentant quand la vitesse diminue et en la diminuant quand la vitesse augmente, de manière à toujours satisfaire à la relation

$$R = \frac{2\pi L}{T},$$

dans laquelle

R serait la résistance de chaque circuit fermé (variable);

L le coefficient de self-induction de chaque circuit fermé;

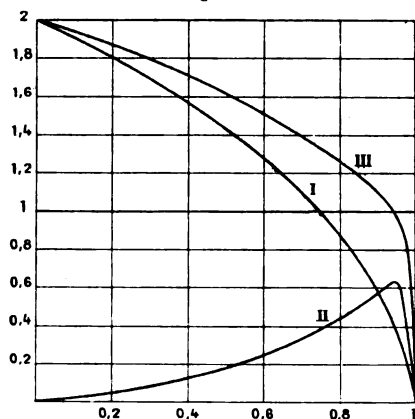
π le rapport de la circonférence au diamètre = 3,1416;

T le temps périodique du courant circulant dans l'induit, déterminé par la différence de vitesse entre le champ tournant et l'induit et par le nombre des pôles.

» Il n'est malheureusement pas facile de réaliser cette condition automatiquement et l'on s'est contenté jusqu'ici d'introduire, dans les circuits fermés de l'induit, des résistances variables à la main. On peut alors réaliser un bon démarrage et obtenir des variations de vitesse par des variations de résistances.

» Mais supposons que l'on mette dans le même induit une première cage d'écureuil (ou, ce qui est équivalent, une première série d'enroulements bi ou triphasés) telle que, existant seule dans l'induit, la courbe du couple en fonction de la vitesse soit la courbe I de la *fig. 1*, c'est-à-dire telle que le couple soit maximum au démarrage et diminue avec la vitesse. Le glissement en charge d'un tel moteur serait trop grand et, par conséquent, le rendement très faible. Mais ajoutons dans le même induit une deuxième cage d'écureuil telle que, existant seule, la courbe du couple en fonction de la vitesse soit la courbe II de la *fig. 1*. Si l'induit ne possédait que

Fig. 1.



cette cage, le couple de démarrage serait excessivement faible; de même le glissement en charge serait faible et le rendement bon. La combinaison de ces deux cages dans le même induit produit alors un couple dont la courbe est celle III de la *fig. 1*, c'est-à-dire qui

répond au desideratum formulé plus haut, sans que le rendement soit affecté d'une façon appréciable. Or, pour que les courbes I et II aient les formes indiquées, il suffit que les constantes de temps des circuits élémentaires des deux cages d'écureuil aient des valeurs spéciales satisfaisantes. La première doit avoir une résistance assez élevée et une self-induction aussi petite que possible. La seconde doit avoir une résistance faible et une self-induction assez grande.

» Le résultat est encore sensiblement amélioré si, au lieu de deux cages d'écureuil, on en met trois, quatre ou cinq dont les constantes de temps varient graduellement de la première à la dernière.

» En résumé, dans ce genre de moteurs, l'enroulement uniforme de la cage d'écureuil ordinaire est remplacé par plusieurs séries d'enroulements $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$, dont les résistances et les coefficients de self-induction sont différents et sont tels que l'on ait

$$R_1 > R_2 > R_3 > \dots > R_n,$$

$$L_1 < L_2 < L_3 < \dots < L_n.$$

R_n et L_1 étant aussi petits que possible.

» L'Analyse mathématique montre que, en donnant à ces résistances et à ces coefficients de self-induction des valeurs décroissantes et croissantes convenables, on peut réaliser la condition désirée.

» On comprend d'ailleurs aisément, sans démonstration mathématique, qu'au lieu d'avoir une seule vitesse pour laquelle, à intensité constante, le couple est maximum, les différentes fonctions sont raccordées de manière que la fonction $C = f(V)$ ait toujours, entre $V = 0$ et $V = V$ maximum, sa dérivée négative.

» Pratiquement, il n'est pas nécessaire de mettre plus de deux ou trois enroulements dans un induit.

» Les enroulements peuvent être faits évidemment sous forme de cages d'écureuil, d'enroulements bi ou triphasés, en tambour ou en anneau Gramme.

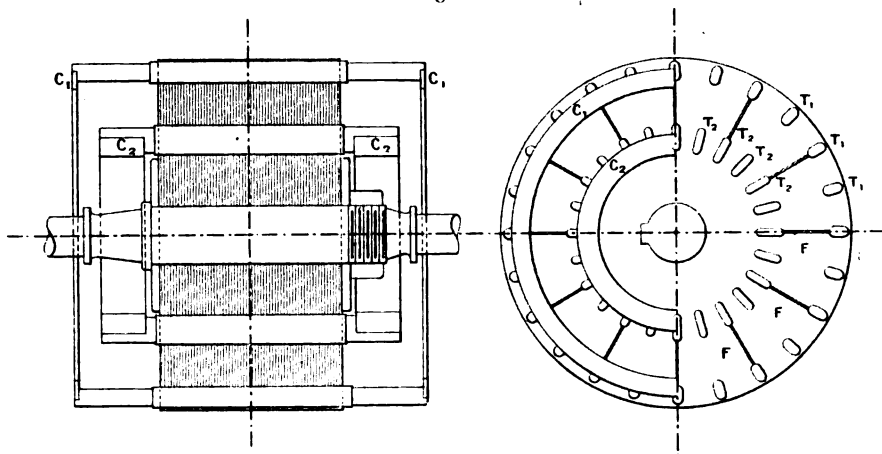
» L'inducteur d'un tel moteur est un inducteur ordinaire. Voici alors quel aspect présente un induit à deux enroulements, par exemple (voir *fig. 2*).

» Une première série de trous T_1 est prévue dans les tôles à la péri-

phérie, comme d'ordinaire; une seconde série de trous T_2 , à l'intérieur de l'espace annulaire, est reliée par une série de fentes F à la première. Ces fentes sont destinées à augmenter la résistance magnétique de l'espace annulaire compris entre les deux séries de trous de et à diminuer ainsi la dispersion de la cage intérieure.

» Dans la première série de trous sont logées des barres de cuivre

Fig. 2.



soudées, aux extrémités, à des cercles C_1 , C_1 de grande résistance en fer, ferro-nickel ou maillechort. Dans la deuxième série de trous sont logées des barres de cuivre soudées à leurs extrémités à des cercles C_2 , C_2 de faible résistance.

» Voici maintenant comment fonctionne ce moteur :

» Au démarrage, le flux inducteur pénétrant dans l'induit avec des variations de fréquence élevée (40 ou 50 périodes), il suffit d'un flux excessivement faible, pénétrant dans le fer situé à l'intérieur de la cage C_2 , pour développer dans cette cage des courants très intenses qui s'opposent au passage du flux principal dans cette partie; le flux inducteur passe alors presque totalement dans l'espace annulaire compris entre les deux cages, et c'est la cage d'écoreuil à grande résistance qui travaille à peu près seule, dans les conditions de l'induit d'un moteur à résistances variables à la main.

» En vitesse, si le moteur n'est pas chargé, la fréquence des courants induits étant très faible, tout le flux inducteur passe à l'intérieur de la cage C_2 sans y développer des courants intenses, puis-

qu'il y rencontre moins de résistance (ou moins de réluctance) que dans l'espace annulaire; le moteur fonctionne donc comme un moteur à cage d'écureuil ordinaire. Pour les vitesses intermédiaires, c'est-à-dire pour les charges intermédiaires entre le vide et la charge maxima, le flux inducteur se partage entre l'espace annulaire et l'intérieur de la cage C_2 , suivant certains rapports dépendant des conditions de construction; il passe en majeure partie dans l'espace annulaire pour les vitesses comprises entre 0 et les $\frac{90}{100}$ ou $\frac{95}{100}$ de celle du synchronisme et il passe en majeure partie dans la cage intérieure pour les vitesses supérieures à $\frac{90}{100}$, à $\frac{95}{100}$ de celle du synchronisme.

» Il est évident que la présence, dans ce moteur, d'un enroulement qui n'embrasse pas la totalité du flux inducteur entraîne nécessairement une augmentation du courant magnétisant et qu'il en résulte un $\cos\varphi$ plus faible que dans un moteur ordinaire; mais, par un choix de proportions convenables, on peut arriver à ce que ce $\cos\varphi$ ne soit inférieur que de 10 à 12 pour 100 à celui d'un moteur ordinaire. Il y a un grand nombre d'applications dans lesquelles cela n'est d'aucune importance.

» Je ferai remarquer, en passant, que certaines personnes s'alarment outre mesure de ce que le $\cos\varphi$ des moteurs n'est pas égal à 1; évidemment il vaudrait mieux qu'il en fût ainsi et il y a tout lieu d'applaudir aux efforts qui sont tentés dans ce sens, mais c'est un défaut avec lequel on peut vivre très aisément et qui n'entre pas en ligne de compte dans la plupart des distributions de force que je connais.

» Pour revenir au moteur en question, il se recommande par les qualités pratiques suivantes :

» 1° Il suffit, pour le mettre en marche ou pour l'arrêter, de fermer ou d'ouvrir un interrupteur;

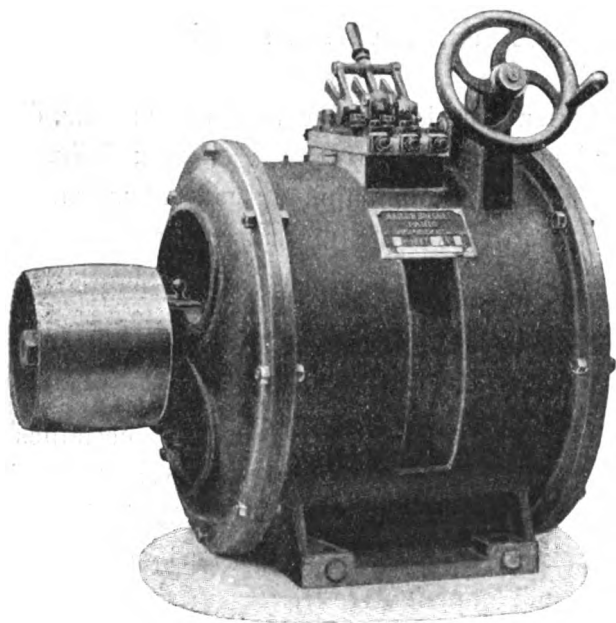
» 2° Si on le cale par une surcharge exagérée, il n'absorbe pas un courant supérieur à celui de démarrage et repart quand la surcharge a disparu. Il se prête donc particulièrement à la manœuvre à distance, ainsi qu'à la commande de certains appareils mécaniques tels que ponts roulants, grues, etc. L'addition de résistances variables *dans le primaire* permet d'en faire varier la vitesse quand besoin est.

» Le premier moteur que j'ai réalisé sur ce principe fonctionne

depuis très longtemps sur un pont roulant ; il sert au mouvement de levage et est de 8 chevaux, il n'y a donc pas à douter qu'il démarre en charge. Il donne au démarrage un couple égal à deux fois le couple normal en absorbant un courant égal à deux fois et demie le courant normal.

» La seconde solution que j'ai à vous présenter, et qui est d'un usage plus général, est la suivante (fig. 3 et 4) :

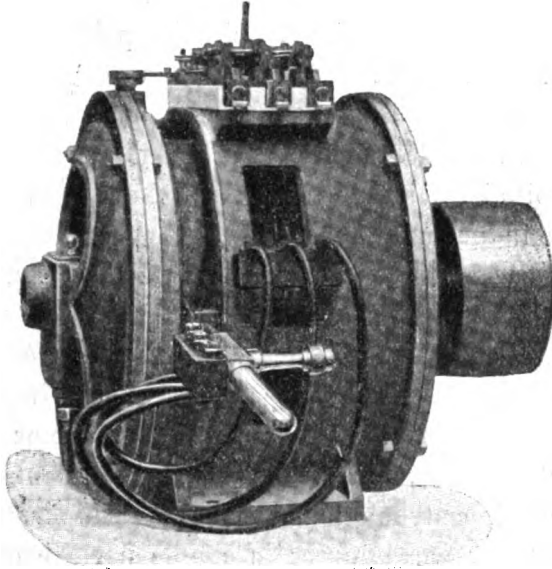
Fig. 3.



» La partie fixe du moteur est formée de deux éléments identiques chacun à un inducteur de moteur ordinaire à courants polyphasés, mais l'un d'eux est fixé dans le bâti de la machine d'une façon invariable, tandis que l'autre peut, au contraire, être mobilisé autour de l'axe de la machine. Il peut, à cet effet, tourner par glissement, par la manœuvre d'un levier ou d'une vis sans fin, suivant la grosseur de l'appareil. La partie mobile se compose également de deux induits calés sur le même arbre, mais les barres de cuivre sont communes aux deux et soudées, à leurs extrémités, sur deux cercles en cuivre et en leur milieu sur un cercle en métal de grande résistance : maillechort, fer ou ferro-nickel. De même que pour le moteur précédemment décrit il n'est pas nécessaire que les induits soient des cages d'écureuil : chaque induit peut ne comporter que

deux ou trois enroulements polyphasés, les enroulements d'un induit étant reliés en parallèle avec ceux de l'autre et avec des résistances de valeur convenable.

Fig. 4.



» Au démarrage, l'inducteur mobile est placé de manière que les pôles magnétiques produits par ses enroulements soient de signe contraire à ceux produits par les enroulements de l'autre inducteur placés vis-à-vis, autrement dit de manière que les courants développés dans les barres de l'induit soient en opposition. Les deux champs magnétiques produits tournent donc dans le même sens et avec la même vitesse, mais font entre eux un angle qui est de 180° pour un moteur à deux pôles, 90° pour un moteur à quatre pôles, etc. Les courants développés dans les circuits induits se réunissent donc en quantité dans le cercle de grande résistance, et le moteur fonctionne comme un moteur ordinaire à courants polyphasés, dans lequel on intercale des résistances dans l'induit au démarrage. Les induits se mettent en mouvement et, à mesure que la vitesse augmente, on réduit l'angle que font les deux champs magnétiques de manière à l'amener à zéro quand le moteur a acquis sa vitesse; il fonctionne alors comme un moteur à induit fermé sur lui-même, puisqu'il ne passe plus de courant dans le cercle de grande résistance. Cette résistance peut être quelconque; elle dépend du couple

dont on a besoin au démarrage; si elle est grande, le couple et le courant absorbés sont faibles; si elle est petite, le couple et le courant absorbés sont grands.

» En résumé, dans ce genre de moteur, au lieu de faire varier les résistances comme dans un moteur Leblanc, on fait varier la différence de phase de deux séries de circuits polyphasés, placés en dérivation sur une résistance fixe.

» Les enroulements inducteurs correspondants d'une même phase peuvent être évidemment placés en série ou en parallèle.

» On conçoit aisément que l'on peut décaler les induits au lieu de décaler les inducteurs.

» Lorsque, par suite de circonstances spéciales, on désire obtenir d'un de ces moteurs qu'il soit capable de développer au démarrage ou en vitesse, et exceptionnellement, un couple extrêmement énergétique pour vaincre une résistance passagère, on le dispose de façon que les enroulements des inducteurs soient normalement en tension et puissent être placés, quand besoin est, en quantité. Ainsi le premier moteur de ce type que j'ai réalisé était biphasé et de 8 chevaux à 1200 tours par minute; le couple normal était donc de $4^{\text{mk}}, 8$ et le courant normal de 38 ampères sous 110 volts par phase. Dans des conditions normales et avec une certaine section du cercle de grande résistance, le couple de démarrage était de $9^{\text{mk}}, 5$ et le courant absorbé de 70 ampères par phase. En mettant en quantité les enroulements inducteurs, le couple devenait 15^{mk} et le courant 120 ampères. J'ajoute que, en calculant le moteur, je n'avais pas prévu cette seconde opération, sinon, en évitant la saturation des dents : je serais arrivé à un couple de 17 ou 18^{mk} . D'ailleurs, j'estime qu'on a rarement besoin d'un couple supérieur à trois fois le couple normal. Revenons à la machine normale dans laquelle on se contente de déplacer l'un des inducteurs.

» Puisqu'il y a une position pour le démarrage et une autre pour la marche, il est facile de combiner l'appareil de manière que la manœuvre ouvre ou ferme l'interrupteur. De cette façon, et en ajoutant encore sur le bâti les fils fusibles de sûreté, nous sommes arrivés à un ensemble très compact, très simple et auquel il suffit de relier les fils de ligne pour obtenir du travail. Aucune compétence n'est demandée aux hommes chargés de l'installation ou des mises en marche et arrêts, aucune erreur de manœuvre n'étant possible.

» Une variante de ce moteur peut encore être réalisée lorsqu'il doit être placé dans un endroit difficilement accessible. Le déplacement mécanique à produire pour la mise en marche peut être remplacé par une commutation électrique.

» On conçoit aisément qu'il n'est pas nécessaire que ce déplacement se fasse d'une façon continue et que rien ne s'oppose à ce qu'il se fasse par sauts brusques de 10° en 10° , ou de 20° en 20° , par exemple.

» Ceci posé, il est facile de concevoir également qu'au lieu de *déplacer le fer et les fils* de cuivre autour de l'axe de rotation de la machine, en laissant ce fer et ces fils fixes, on peut *déplacer les courants* dans les fils, en sectionnant les enroulements et en distribuant les courants dans les enroulements au moyen de commutateurs appropriés. Cela peut, dans certains cas, être d'un usage plus commode.

» La maison Breguet, dont la réputation n'est plus à faire comme constructeur, a entrepris la construction de deux types de moteurs dont je viens de vous parler.

» Une série complète du deuxième type a été établie; un certain nombre de ces machines a déjà été livré et a, croyons-nous, donné toute satisfaction. De très intéressantes et puissantes distributions de force sont à l'étude avec application de ces moteurs.

» Je pense, Messieurs, vous avoir intéressé en vous les présentant et, s'il en est ainsi, j'aurai l'honneur, dans la prochaine séance, de vous dire quelques mots d'essais assez suivis que j'ai faits sur les condensateurs industriels et de vous présenter deux types d'alternateurs à auto-excitation et deux dispositifs basés sur les propriétés de la self-induction et de la capacité, qui permettent d'obtenir des courants efficaces constants au moyen des différences de potentiel efficaces constantes et inversement. »

CONDENSATEURS INDUSTRIELS. — ALTERNATEURS AUTO-EXCITATEURS.

M. BOUCHEROT. — « Messieurs, comme suite à la Communication que je vous ai faite le 12 janvier, je vais avoir l'honneur de vous parler de condensateurs industriels et de quelques-unes de leurs applications aux courants alternatifs.

» Les expériences que j'ai réalisées ont porté uniquement sur un

type de condensateur, le condensateur classique à feuilles d'étain et feuilles de papier paraffiné. En agissant ainsi j'ai eu en vue de n'employer, pour réaliser des appareils industriels, que des produits industriels courants, de faible prix relativement à ceux que l'on pourrait employer concurremment avec plus de succès peut-être, mais qu'il est toujours facile de se procurer en plus ou moins grande quantité.

» J'estime que c'est toujours ainsi qu'il faut procéder industriellement, quitte, après être arrivé à un résultat, et vous verrez qu'il en est ainsi, à rechercher ensuite si d'autres produits ne peuvent être employés plus avantageusement.

» Pour qu'un condensateur puisse être utilisé dans des conditions pratiques il faut qu'il ne chauffe pas et que son diélectrique ne se laisse pas percer, qu'il ne *claque* pas. On peut toujours arriver à ce résultat si l'on n'en envisage pas le prix. Un condensateur dont le fonctionnement est douteux avec une tension efficace de 1000 volts donnera toute satisfaction avec une tension de 100 volts, mais coûtera, à utilité égale, 100 fois plus cher. Il ne suffit donc pas de voir fonctionner un de ces appareils dans des conditions quelconques pour dire que le problème est résolu; il faut voir, de plus, ce qu'il peut faire et ce qu'il coûte.

» La qualité des matériaux employés a une grande importance; ce mot *qualité* n'a évidemment pas, pour le papier par exemple, la signification ordinaire; un papier de qualité médiocre, dans le sens ordinaire du mot, peut être excellent ici.

» L'échauffement d'un condensateur est dû surtout, à notre avis, à l'effet Joule; la résistance d'isolement entre les armatures d'un condensateur n'est pas infinie; si elle est R , et si le condensateur est soumis à une différence de potentiel efficace E , l'énergie transformée en chaleur dans l'appareil est $\frac{E^2}{R}$ et c'est elle qui provoque l'échauffement; l'hystérésis diélectrique, qui a donné lieu à des discussions intéressantes, ne paraît pas jouer ici, aux fréquences de 40 à 150 périodes par seconde employées industriellement, un rôle important ni même appréciable. A ce point de vue, l'hétérogénéité du diélectrique aurait, croyons-nous, une influence plus grande. Nous aurons l'occasion d'en parler plus tard.

» En s'en tenant à la résistance intérieure comme cause d'échauf-

fement, nous avons pu constater que le choix de la matière destinée à combler les vides existant dans le papier, qui ne sert ici que de support, avait une grande importance, plus grande que celui du papier lui-même.

» A la température ordinaire, des qualités de papier assez différentes, mais cependant de même origine (exemptes naturellement de substances étrangères), imprégnées de la même façon, de même paraffine, ont donné des résistances spécifiques variant entre 10^6 et 3×10^6 ohms centimètres; ce sont des écarts assez faibles.

» Au contraire un même papier imprégné d'une part de paraffine et d'autre part d'huile à transformateurs, avec les mêmes précautions, a donné, pour une même surface et une même épaisseur de diélectrique, les résistances d'isolement suivantes :

Papier paraffiné.		Papier huilé.	
Température.	Résistance.	Température.	Résistance.
99.....	500000 ohms	95.....	5500 ohms
77.....	1500000 »	74.....	17000 »
48.....	6 mégohms	44.....	150000 »
19.....	Plus de 10 »	17.....	1450000 »

» La paraffine était donc, dans ce cas, de beaucoup supérieure à l'huile pour transformateurs.

» En ce qui concerne la résistance du diélectrique au passage de l'étincelle disruptive, les apparences n'indiquent pas qu'elle soit liée à la résistance électrique; elle paraît plutôt l'être à la résistance mécanique.

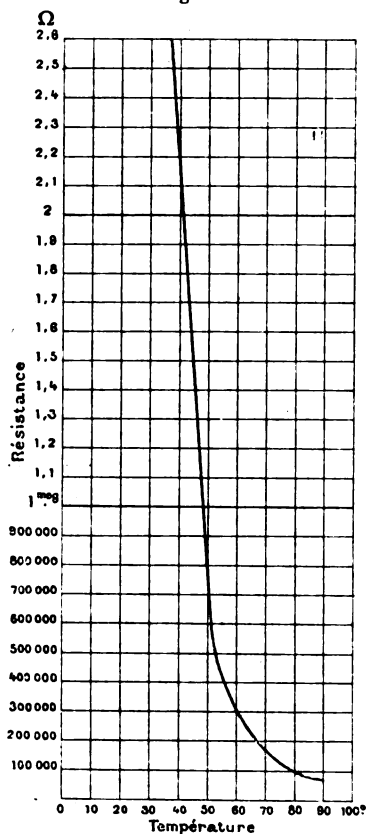
» Tel papier qui chauffe moins qu'un autre se laisse percer plus facilement. J'ai pu voir certains condensateurs chauffer jusqu'à fusion complète de la paraffine, carbonisation partielle du papier et finalement volatilisation de l'étain, sans que l'étincelle parvienne à se frayer un passage.

» Les chiffres que j'ai donnés plus haut montrent l'influence énorme de la température sur la résistance d'isolement, ce que l'on sait déjà, et par conséquent l'influence énorme de la température sur l'énergie dissipée dans le condensateur.

» La courbe de la *fig. 1* donne la résistance d'isolement d'un condensateur élémentaire de $\frac{1}{2}$ microfarad pouvant fonctionner nor-

malement à 7 ou 800 volts; on peut y voir *grosso modo* que la résistance peut varier entre $2\frac{1}{2}$ mégohms et 70000 ohms, quand la température passe de 38° à 90° ; sous une tension de 800 volts, l'énergie absorbée peut donc varier de $\frac{1}{4}$ de watt à 10 watts pendant

Fig. 1.



que la température croît de 38° à 90° ⁽¹⁾. Il en résulte, au point de vue pratique, qu'un condensateur ne doit pas chauffer sensiblement pour donner de bons résultats, car s'il s'échauffe, la quantité d'énergie transformée en chaleur à l'intérieur augmente, ce qui provoque un plus grand échauffement et ainsi de suite jusqu'à ce que la paraffine fonde.

» Supposons, pour fixer les idées, que la surface de l'appareil permette d'évacuer $\frac{1}{4}$ de watt par degré d'élévation de température au-

(1) La puissance apparente étant de $800 \times 800 \times 2\pi \times 40 \times 0,5 \times 10^{-6}$, soit 80 watts pour la fréquence 40, le rendement varie donc aussi de 0,996 à 0,90.

dessus de l'ambiante; supposons, de plus, que la température soit uniforme dans l'appareil. A la température de 38° , la température ambiante étant de 30° , on pourra évacuer environ $\frac{8}{15}$, soit $\frac{1}{2}$ watt; par conséquent, en soumettant l'appareil à une tension inférieure à 1200 volts, il fonctionne bien, puisque l'énergie absorbée pour 38° sera inférieure à $\frac{(1200)^2}{2500000}$, c'est-à-dire à $\frac{1}{2}$ watt. En le soumettant à une tension supérieure à 1200 volts, sa température s'élèvera jusqu'à fusion, puisque la chaleur produite à l'intérieur sera toujours plus grande que celle qu'il est possible d'évacuer.

» Or ici interviennent deux causes qui font que la tension à laquelle on peut soumettre pratiquement un appareil donné sans le voir chauffer est inférieure à celle que le calcul permet de prévoir. Quelle serait, en effet, de par le calcul, la tension à laquelle on peut soumettre l'appareil dont il est parlé ci-dessus pour qu'il ne chauffe que normalement ?

» Dans les appareils inertes, employés dans l'industrie électrique on peut admettre que, pour une élévation de température d'environ 30° au-dessus de l'ambiante, on peut évacuer 5 watts par décimètre carré.

» L'appareil en question ayant 20^{dm^2} de surface on pourrait évacuer $5 \times 20 = 100$ watts. Si la température ambiante est de 30° cela conduit à 60° pour l'appareil et par conséquent à une résistance de (voir *fig. 1*) 300000 ohms environ.

» On pourrait donc théoriquement le soumettre à une tension x telle que $\frac{x^2}{300000} = 100$, d'où $x = 5000$ volts environ; or, pratiquement, cet appareil chauffe à 1200 volts et il est prudent de le faire marcher normalement à 600 ou 800 volts seulement.

» Les deux causes de ce fait sont :

» 1^o La répartition de la température à l'intérieur, qui n'est pas uniforme; qui peut être, par exemple, de 60° à la surface et de 120° à l'intérieur;

» 2^o L'hétérogénéité du diélectrique, qui fait que la puissance dissipée est plus grande que celle obtenue par la formule $\frac{E^2}{R}$.

» Il serait trop long d'entrer ce soir dans des détails à ce sujet; mais il en résulte qu'un condensateur qui fonctionne bien a nécessairement un excellent rendement.

» Ces raisons vous feront comprendre en outre pourquoi les con-

densateurs que vous voyez devant vous sont divisés en éléments de 3^{mm} ou 4^{mm} d'épaisseur seulement et séparés par de l'air pouvant circuler librement. Pour ces raisons encore, je crois que ceux qui cherchent à enfermer complètement les condensateurs dans l'huile font fausse route. Toutefois je puis me tromper, si leurs diélectriques sont essentiellement différents de ceux que j'ai essayés.

» En outre des quelques considérations que je viens de vous signaler comme devant guider dans la réalisation d'un condensateur industriel, de nombreux tours de mains sont nécessaire pour arriver à un résultat satisfaisant. J'ai pu constater que, sans ces tours de mains, les résultats sont complètement mauvais; il peut y avoir une différence du simple au quadruple dans la tension que peut supporter un condensateur avec des matériaux déterminés.

» En tenant compte de tous ces facteurs on arrive aisément à un résultat pratique tout à fait industriel, comme vous verrez plus loin.

» Certes le condensateur est un appareil qui par sa nature même éveille le soupçon. Des mécaniciens éminents que je connais ne peuvent pas se faire à cette idée que des appareils mettant en jeu des quantités d'énergie importantes soient constitués par du papier; mais c'est là un reproche applicable à toutes les machines électriques dans lesquelles il entre tant de papier et de coton. Il faudrait une découverte vraiment nouvelle pour changer cet état de choses; et ici le reproche est de faible portée puisque ce sont des appareils statiques.

» Je suis donc arrivé à ce résultat que l'on peut établir des condensateurs industriels à des prix analogues à ceux des autres appareils de l'industrie des courants alternatifs.

» Mais les applications doivent en être faites d'une façon judicieuse et avec la plus grande méfiance, non pas envers les condensateurs eux-mêmes mais envers les courants auxquels on veut les appliquer. Un condensateur peut donner de très bons résultats dans certaines conditions, de très mauvais dans d'autres, à tension normale égale. Indépendamment de la forme de la courbe de la force électromotrice, dans bien des cas, il peut se trouver soumis à des surélévations anormales de tension qui peuvent percer le diélectrique, et ceci en particulier sur les secteurs à courants alternatifs de grande puissance.

» Grâce à l'obligeance de M. Ebel, directeur du secteur des

Champs-Élysées, nous avons pu faire fonctionner, il y a deux ans environ, sur ce secteur, des condensateurs donnant toute satisfaction au laboratoire; les résultats n'ont pas été très encourageants. Un premier appareil qui laissait passer, au laboratoire, 3 ampères sous 3300 volts, et sur le secteur 5 ampères sous 3300 volts (ce qui indique la présence d'harmoniques supérieures dans la courbe de la force électromotrice du réseau) fut mis hors de service au bout de dix à douze heures par fusion de la paraffine; le refroidissement n'était pas assez énergique par suite de la trop grande épaisseur des éléments et le phénomène dont j'ai parlé plus haut s'était passé; mais le diélectrique n'avait pas été percé,

» Un deuxième appareil laissant passer 2 ampères sous 3300 volts a fonctionné pendant douze journées de vingt-quatre heures sur le réseau; ce n'est qu'au bout de ce temps qu'un élément s'est trouvé perforé par l'étincelle. Pour m'assurer qu'il devait y avoir par moment des phénomènes anormaux, j'ai, après avoir supprimé l'élément détérioré, remis l'appareil en dérivation sur le réseau après l'avoir sectionné en dix parties identiques dans chacune desquelles était intercalé un fil fusible; ce fil fusible avait été établi de manière à fondre pour un courant double environ du courant normal passant dans $\frac{1}{10}$ de l'appareil. Après deux ou trois jours, on a ouvert la caisse dans laquelle se trouvaient les fils fusibles qui tous avaient fondu. Donc dans cet intervalle de temps il s'était produit, soit des surélévations de tension à la fréquence normale, soit des courants de fréquence plus élevée, soit les deux. Les surélévations de tension se sont certainement produites, puisque, au laboratoire, il fallait 6 à 8000 volts pour percer le diélectrique. Diverses circonstances m'ont empêché de continuer ces essais de condensateurs placés dans ces conditions.

» Il est certain que les phénomènes de surélévation de tension qui ont été constatés maintes fois par le percement des câbles, par exemple, ne se produisent pas partout, et ne paraissent se produire que dans les grandes installations à haute tension. L'application des condensateurs semble donc devoir être limitée, quant à présent et sous leur forme actuelle, tout au moins, aux petites installations.

» Une autre raison, qui corrobore cette conclusion, a son origine dans le prix des appareils, qui est plus avantageux relativement pour les petits appareils que pour les grands.

» Pour faire comprendre ceci, il faut définir ce qu'on peut entendre par un condensateur d'un kilowatt : Un condensateur de capacité C , soumis à une tension efficace E , laisse passer un courant décalé en avant d'intensité $I = E\omega C$, dans laquelle $\omega = \frac{2\pi}{T}$. La puissance apparente d'un tel appareil est donc $P = EI = E^2\omega C$; un condensateur d'un kilowatt est donc celui pour lequel le produit $E^2\omega C$ est égal à 1000.

» La puissance d'un condensateur est donc proportionnelle à la fréquence du courant auquel il est appliqué, proportionnelle à la capacité et au carré de la tension qu'il peut supporter sans chauffer ni claquer. Il en est à peu près de même du prix, et voici celui auquel on peut vendre commercialement les appareils dont je vous ai entretenu, fonctionnant parfaitement, dans des conditions normales d'application, c'est-à-dire sans surélévations de tension dangereuses :

			Haute tension (3000 volts).	Basse tension (600 volts).
Prix du kilowatt à la fréquence de			fr	fr
	40 périodes.....		100	150
»	» 50 »		80	120
»	» 80 »		50	75
»	» 120 »		33	50

» Je vous ferai remarquer, Messieurs, que ces prix correspondent à une fabrication *à la main* et non à la machine, comme cela pourrait très bien se faire. Contrairement à ce qui se passe pour les autres appareils employés dans l'industrie des courants alternatifs, le prix est sensiblement proportionnel à la puissance.

» Si nous rapprochons ces chiffres de ceux de ces autres appareils, nous trouvons :

			Prix du kilowatt.
Alternateurs.....	{ pour 20 chevaux.....		150
	{ » 200 »		100
Transformateurs.	{ pour $\frac{1}{2}$ kilowatt		300
	{ » 40 »		70
Moteurs.....	{ pour 1 cheval.....		500
	{ » 10 chevaux.....		200
	{ » 100 »		100

Le prix des condensateurs est donc tout à fait comparable à celui

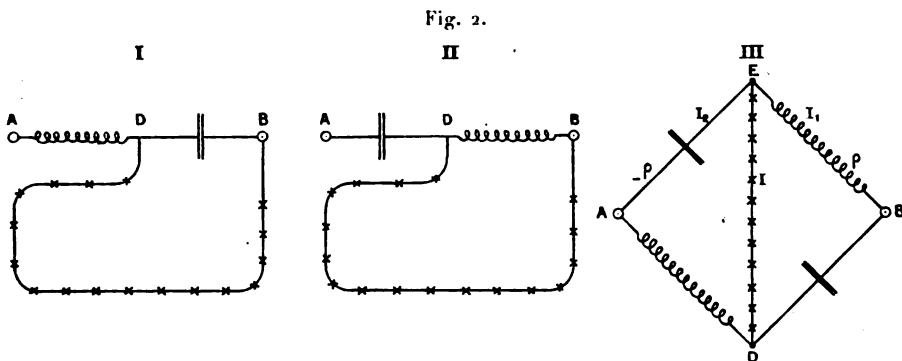
des autres appareils, surtout pour les faibles et moyennes puissances, et je suis en droit de dire qu'il y a là un résultat industriel puisque certains de ces appareils ont fonctionné des mois entiers.

» Je passe maintenant, Messieurs, aux applications de ces appareils. Vous savez qu'elles sont nombreuses et je me contenterai de vous parler de celles que j'ai particulièrement étudiées. Auparavant je vous demande la permission de vous montrer ce que peut coûter l'addition de condensateurs aux transformateurs pour en annuler le courant magnétisant :

Transformateur.		Condensateur.		Plus-value relative.	
Puissance.	Prix.	Prix.		Plus-value relative.	
watts	fr.	Fréq. 40.	Fréq. 80.	Fréq. 40.	Fréq. 80.
		fr.	fr.		
750.....	220	20	5	9 %	2,3 %
5000.....	600	40	10	6,6 %	1,6 %
40000.....	3000	200	50	6,6 %	1,6 %

» Ceux d'entre vous, Messieurs, qui ont suivi depuis longtemps les contributions à l'étude des courants alternatifs savent que j'ai démontré en 1890 que certaines combinaisons de la self-induction et de la capacité permettent de réaliser des circuits à intensité efficace constante au moyen de différences de potentiel efficaces constantes.

» Je rappelle brièvement que si (*fig. 2*, schémas I et II) entre



deux points A et B, entre lesquels existe une force électromotrice efficace constante, on branche en série une self-induction L et une capacité C telles que l'on ait $\omega^2 LC = 1$, on peut recueillir, dans un circuit placé, entre le milieu D et l'un quelconque des deux points

A et B, un courant dont l'intensité est constante quelle que soit l'impédance (résistance apparente) de ce circuit.

» Depuis cette époque j'ai trouvé une autre combinaison réalisant la chose plus avantageusement : On groupe (*fig. 2*, schéma III) deux bobines de self-induction L et deux condensateurs de capacité C ayant chacun des valeurs telles que $\omega^2 LC = 1$, de manière à former un quadrilatère AEBD dans lequel les appareils semblables sont dans des côtés opposés. En reliant alors deux sommets opposés AB du quadrilatère à une source de force électromotrice constante, on recueille, dans un circuit placé entre les deux autres sommets D et E, un courant dont l'intensité est constante quelles que soient la résistance et la réactance, autrement dit l'impédance, de ce circuit. La démonstration par les imaginaires en est très facile ; elle m'a été suggérée par M. Janet, mais c'est par le calcul ordinaire que je me la suis faite pour la première fois. Soient i l'intensité que l'on cherche, i_1 celle dans la branche EB, i_2 celle dans la branche AE, e la différence de potentiel entre A et B. Les bobines de self-induction et les condensateurs étant reliés algébriquement par la relation $\omega^2 LC = 1$, si la réactance imaginaire de EB est ρ , celle de AE est $-\rho$, et l'on a

$$e = \rho i_1 - \rho i_2 = \rho i_1 - \rho (i_1 - i) = \rho i,$$

d'où

$$i = \frac{e}{\rho}.$$

L'intensité i est donc indépendante de ce qui se trouve entre E et D, puisqu'il n'y figure que ρ .

» La démonstration se trouve également faite pour les schémas I et II.

» En effet, puisque dans nos formules ne figure ni ce qui se trouve entre A et D, ni ce qui se trouve entre B et D, on peut relier A et D en coupant DB, ou relier D et B en coupant AD.

» La disposition du schéma III est plus avantageuse que celles des schémas I et II pour les raisons suivantes qu'il me serait trop long de vous prouver en détail :

» 1° Le prix des appareils est moins élevé pour un résultat donné. Pour une puissance utile de 1 kilowatt dans le circuit d'utilisation, il faut deux condensateurs de $\frac{1}{2}$ kilowatt et deux bobines de self-induction de $\frac{1}{2}$ kilowatt, au lieu d'un condensateur de 1 kilo-

watt et une bobine de self-induction de 2 kilowatts, qu'il faut pour le schéma I, par exemple.

» 2° L'intensité débitée par la source est proportionnelle à la puissance utilisée dans le circuit à intensité constante, c'est-à-dire nulle quand la résistance de ce circuit est nulle. Au contraire, avec l'un des deux schémas I et II, l'intensité débitée par la source est plus grande : elle est $\frac{E}{\rho}$ quand la résistance du circuit d'utilisation est nulle, et elle croît de $\frac{E}{\rho}$ à $\sqrt{2} \frac{E}{\rho}$, quand celle-ci croît de 0 à ρ .

» Ces dispositifs permettent donc de faire de la distribution en série au moyen de machines ou de réseaux à voltage constant. Les avantages de la distribution en série sont incontestables quand il s'agit d'alimenter des foyers lumineux largement espacés; quand il s'agit par exemple d'éclairer des canaux, des routes, des parcs, etc.

» Il suffit alors de brancher un tel dispositif sur un réseau ordinaire pour profiter, au point de vue de la canalisation et de la sécurité, des avantages des distributions en série.

» Pour mémoire, je rappellerai que, dans ce genre de distributions, on éteint les lampes en les mettant en court-circuit et que l'on doit prendre des mesures pour que l'interruption du circuit en un point quelconque, par exemple par la rupture d'un filament de lampe à incandescence, ne provoque pas l'extinction de toutes les lampes du circuit. Deux moyens sont à notre disposition dans ce cas :

» 1° On peut intercaler la lampe dans le secondaire d'un petit transformateur dont le primaire est placé en série dans le circuit.

» On pourrait objecter alors qu'il suffirait de placer le primaire sur une distribution à tension constante; il n'en est rien, pour cette raison qu'il est impossible de faire de petits transformateurs à une tension élevée. Il est très difficile de faire, par exemple, des transformateurs de 500 watts à plus de 2500 volts, de 200 watts à plus de 1000 volts, de 100 watts à plus de 500 volts, etc.

» Avec une distribution en série, le primaire étant à une tension peu différente du secondaire, il n'y a plus d'impossibilité.

» Ce premier moyen a l'avantage d'isoler complètement la lampe de la haute tension et d'éviter ainsi tout danger.

» 2° On peut placer en dérivation sur chaque lampe une petite bo-

bine de self-induction qui, en temps normal, ne dérive qu'une faible partie du courant de la lampe (ce courant dérivé est d'ailleurs en quadrature avec celui de la lampe) et, quand celle-ci se rompt, laisse passer tout le courant.

» Vous avez sous les yeux une réalisation des dispositifs I et II de la *fig. 2*. On réalise l'un ou l'autre en tournant ce commutateur. La source du courant est un transformateur qui me donne 1000 volts d'une façon à peu près constante au secondaire et dont le primaire est relié au réseau du secteur de la rive gauche; la bobine de self et le condensateur sont établis pour fournir un courant constant de $\frac{1}{2}$ ampère. Vous pouvez voir, soit par l'éclat des lampes, soit par cet ampèremètre, que le courant est pratiquement constant, que j'allume une lampe ou que j'en allume 18, c'est-à-dire, les lampes étant de 100 volts, entre 100 et 1800 volts aux bornes du circuit d'utilisation. Pratiquement, il n'y aurait pas intérêt, du moins un intérêt général, à dépasser dans le circuit d'utilisation la tension du générateur, mais c'est à dessein que je dépasse celle-ci ici pour vous montrer que l'intensité est constante même dans ces conditions; théoriquement l'intensité est constante même si la résistance varie de 0 à $+\infty$, et si elle varie de 0 à $-\infty$, ce qui est le cas réciproque où l'on se propose d'obtenir une tension constante avec une intensité constante.

» Vous pouvez voir encore que, les lampes fonctionnant normalement, le fait de placer cette petite bobine de self-induction en dérivation sur 1, 2, 3 ou 4 lampes ne change pas sensiblement leur éclat et que si j'enlève une ces lampes tout le courant passe dans la petite bobine, puisque les autres continuent à éclairer.

» Je passe maintenant, Messieurs, à deux systèmes d'alternateurs que j'ai réalisés et qui sont à auto-excitation, dans le sens exact du mot.

» Tous deux reposent en principe sur l'explication philosophique, si j'ose m'exprimer ainsi, que voici :

» D'une façon générale, dans une machine à induction, une force électromotrice est la dérivée d'un flux par rapport au temps, elle est donc en retard d'un quart de période sur le flux; si cette force élec-

tromotrice débite sur des condensateurs, l'intensité du **courant est** en avance d'un quart de période sur la force électromotrice, donc en phase avec le flux et par conséquent peut produire le flux.

» Je dois dire, avant d'entrer dans le détail, que je crois savoir que, à peu près vers la même époque (1893-1894), peut-être un peu avant, peut-être un peu après, je n'en sais rien, M. M. Leblanc a imaginé d'appliquer les condensateurs à l'excitation des machines asynchrones dans le but de les faire fonctionner comme génératrices, mais je ne sais pas ce que cela a donné.

» Quand plusieurs personnes font des recherches sur le même terrain, ici celui des courants alternatifs, il est difficile qu'elles ne se rencontrent pas de temps à autre; et comme il est à peu près impossible de parler de choses nouvelles en courants alternatifs sans être obligé de citer notre collègue, dont la haute valeur n'a d'égale que l'universelle sympathie qu'il inspire, je crois devoir signaler qu'il y a eu là des points de contact.

» J'ajouterai qu'il me paraît y avoir une différence suffisante avec ce que je vais vous exposer pour que les susceptibilités soient ménagées.

» Les alternateurs dont je veux vous parler sont synchrones; la fréquence des courants obtenus est liée par un rapport simple et invariable à la vitesse et au nombre de pôles.

» Dans le premier il n'y a pas d'inducteur; un induit fixe et un induit mobile, identiques comme nombre de pôles, nombre de phases et nombre de spires, sont tous deux le siège de courants induits de même fréquence et de même tension, par suite de la rotation d'un champ magnétique qui se déplace dans les deux avec une vitesse moitié de celle de l'induit mobile, et qui est produit par le débit des forces électromotrices obtenues sur les condensateurs.

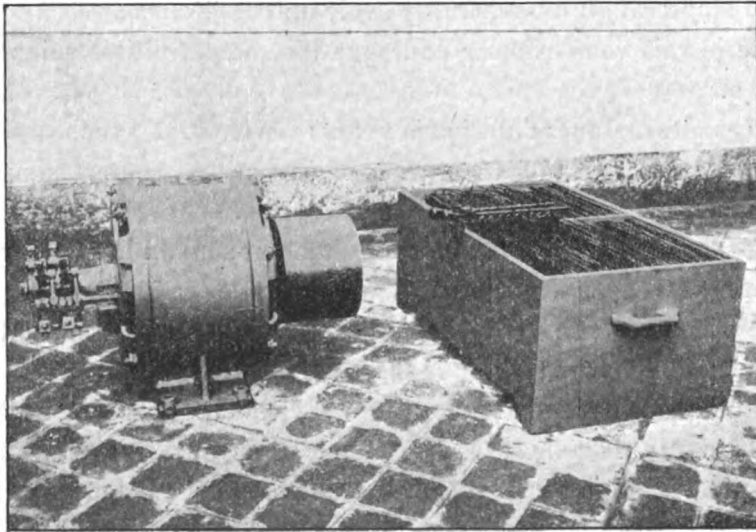
» Supposons que l'on veuille réaliser un alternateur biphase de fréquence 40 et d'une certaine tension, tournant à 1200 tours par minute; chaque induit comportera deux enroulements de chacun huit pôles et ayant entre eux, si l'on appelle A et B les deux enroulements fixes, *a* et *b* les deux enroulements mobiles, des coefficients d'induction mutuelle ainsi définis :

Entre A et B.....	0
» A et a	$m \sin 2\omega t$
» A et b	$m \cos 2\omega t$
» B et a	$m \cos 2\omega t$
» B et b	$m \sin 2\omega t$
» a et b	0

» L'analyse mathématique montre que si l'on réunit, par exemple, en tension A et a , puis B et b , et si l'on annule les forces électromotrices de self-induction au moyen de condensateurs, on obtient de Aa une force électromotrice $mI\omega \sin \omega t$ et une intensité $I \sin \omega t$; et de Bb une force électromotrice $mI\omega \cos \omega t$ et une intensité $I \cos \omega t$; c'est-à-dire qu'on obtient du travail électrique au moyen de travail mécanique.

» J'ai réalisé une machine de ce genre (*fig. 3*) qui a donné, à la

Fig. 3.



vitesse de 1200 tours, deux courants diphasés de 1000 volts et de 9 ampères chacun à la fréquence de 40. Cette machine a été éprouvée industriellement par une marche en pleine charge de plusieurs jours. Les condensateurs étaient placés en dérivation sur chaque phase et le réglage de la tension se faisait par augmentation ou diminution de la capacité.

» Une machine de ce genre doit être amorcée à chaque mise en

marche, puisqu'il n'y a pas de pièces à aimantation constante susceptible de garder du magnétisme rémanent; elle présente cependant une grande puissance spécifique qui peut la faire préférer dans certains cas à la suivante.

» L'amorçage peut se faire avec n'importe quel courant, continu ou alternatif; il suffit de mettre dans la machine une petite quantité d'énergie, sous une forme quelconque, pour qu'elle s'amorce; il est évident que, bien qu'il n'y ait pas d'aimantation constante dans aucun organe, il faut quand même qu'une partie du circuit magnétique soit saturée pour qu'il y ait équilibre stable de la tension; c'est, de préférence, la partie mobile naturellement.

» La deuxième machine comporte seulement deux circuits fixes et une pièce de fer mobile, le tout combiné de telle manière que le premier circuit ait une self-induction variable selon la formule

$$\lambda(1 + \sin 2\omega t);$$

le deuxième, une self-induction variable selon la formule

$$\lambda(1 - \sin 2\omega t),$$

et entre eux une induction mutuelle variable selon la formule

$$- \lambda \cos 2\omega t.$$

» L'addition de condensateurs permet alors d'obtenir des courants de forme $\sin \omega t$ et $\cos \omega t$, avec des forces électromotrices de même forme.

» La production de courants triphasés peut également être obtenue par l'emploi de trois circuits fixes.

» Dans cette machine, comme dans l'autre, les condensateurs peuvent être intercalés dans chaque phase soit en série avec les circuits d'utilisation, soit en quantité.

» On peut de plus, et c'est là une remarque qui ne manque pas d'intérêt, réaliser ainsi avec ces machines les mêmes modes d'excitation qu'avec les dynamos à courant continu.

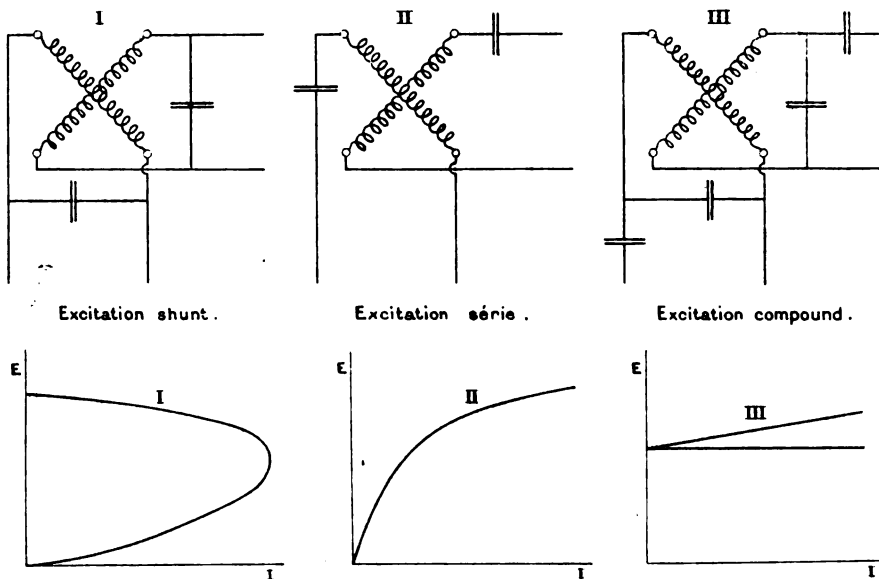
» Si les condensateurs sont placés en dérivation, la caractéristique de la machine est la même que celle d'une dynamo shunt à courant continu (*voir schéma I et courbe I de la fig. 4*).

» La force électromotrice est maxima à vide, diminue quand l'on charge la machine, et il y a désamorçage si l'on dépasse une certaine charge.

» L'augmentation des capacités produit une augmentation de la force électromotrice et inversement.

» Si les condensateurs sont placés en série, la caractéristique est celle d'une machine série à courant continu (voir schéma II et courbe II de la *fig. 4*); c'est-à-dire que la force électromotrice de la machine est nulle à circuit ouvert et croît quand on diminue la résistance du circuit extérieur.

Fig. 4.



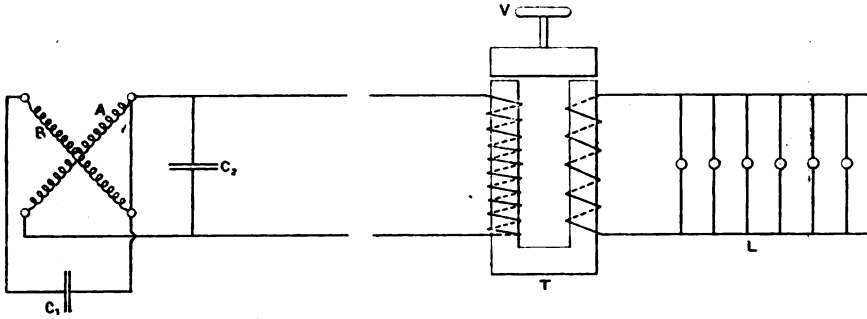
» Enfin en combinant les deux modes d'excitation qui précèdent, on peut réaliser une machine dont la caractéristique est celle des machines compound à courant continu (voir schéma III et courbe III de la *fig. 4*). Comme dans celles-ci l'excitation dérivée peut être prise avant ou après l'excitation série. On peut également hyper-compounder la machine.

» Une disposition particulière, qui est très pratique, consiste à placer les condensateurs en dérivation sur les circuits et à régler la tension du courant utilisé en faisant varier l'entrefer du transformateur chargé de réduire la tension de la machine pour alimenter les lampes à incandescence.

» La *fig. 5* donne une idée de cette disposition que je vais faire fonctionner devant vous tout à l'heure. A et B sont les deux circuits fixes de la machine, C₁ et C₂ les condensateurs, T le transformateur

à entrefer variable au moyen du volant V. Les condensateurs sont établis de manière à donner la tension normale au secondaire lorsque toutes les lampes L sont allumées et l'entrefer nul. A vide, si l'entrefer était encore nul, la tension serait trop élevée, mais, en

Fig. 5.



donnant à cet entrefer une valeur convenable, on fait débiter à l'alternateur dans le transformateur un courant magnétisant plus intense, qui, décalé en arrière de 90° sur la force électromotrice, neutralise une partie de celui des condensateurs. Cette disposition peut être remarquablement avantageuse pour l'utilisation de petites chutes d'eau à l'éclairage de propriétés, châteaux, etc., utilisation qui n'a pu être faite jusqu'ici et qui peut se faire dans ce cas parce que :

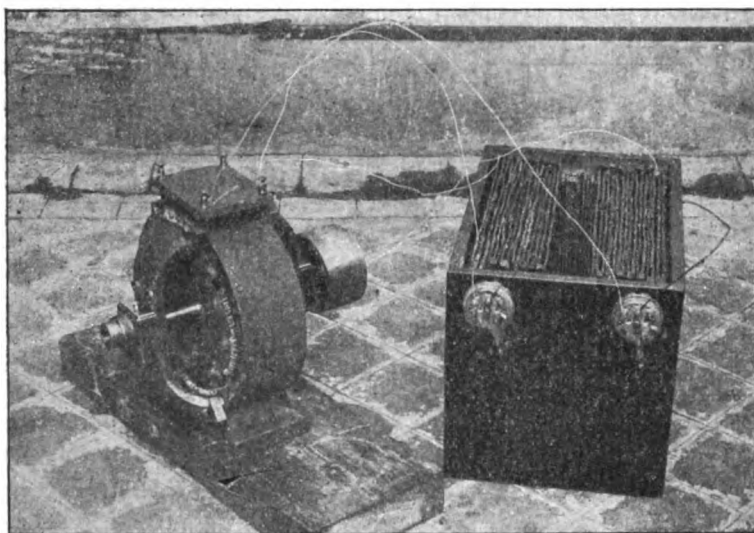
» 1° Il n'y a plus besoin de surveillance aucune, puisqu'il n'y a ni bagues, ni balais, ni excitatrice et que toute la partie électrique située dans la chambre de la turbine est inerte.

» 2° Le réglage de la tension peut se faire du point d'utilisation puisque le transformateur T est près des lampes. La petite machine que je vais avoir l'honneur de faire fonctionner devant vous (*fig. 6*) au moyen d'un moteur électrique quelconque peut donner 800 volts et 1 ampère par phase; elle peut alimenter par conséquent 30 ou 40 lampes à incandescence; le moteur qui la commande étant trop faible je n'en allumerai que 10.

» Vous voyez que l'on peut régler la tension à volonté bien que la vitesse varie beaucoup avec la charge. Dans le cas d'une turbine, le même fait peut donc se produire également sans inconvénient. Si la chute d'eau est au point d'utilisation lui-même il est inutile de faire une transformation; dans ce cas il n'y a qu'à mettre pour chaque

phase deux enroulements l'un à 600 ou 800 volts pour l'excitation, l'autre à 110 volts pour l'utilisation, car il n'est pas nécessaire que les courants d'excitation et d'utilisation soient confondus. La tension serait réglée dans ce cas avec une bobine de self-induction variable par déplacement du noyau.

Fig. 6.



» Enfin on peut, en feuilletant la pièce de fer, ce qui est toujours préférable dans tous les cas, ne mettre sur la partie fixe qu'un enroulement (dans le cas de tension dépassant 600 volts), servant à la fois d'enroulement d'excitation et d'enroulement de travail, ainsi que vous pouvez vous en rendre compte par la suppression que j'opère en ce moment d'une des deux batteries de conducteurs de la *fig. 5*; ou bien, s'il s'agit de produire de la basse tension, ne mettre qu'un enroulement d'excitation à 500 ou 600 volts et un enroulement de travail à 110 volts. »

Le Président remercie M. Boucherot de sa très intéressante Communication.

La séance est levée à 10^h 25^m soir.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Nouveau mode de rupture du courant; application aux coupe-circuits (M. **Bouchet**), p. 101.

Câbles électriques à circulation d'air sec (M. **Barbarat**), p. 119.

CORRESPONDANCE, p. 125.

OUVRAGES OFFERTS, p. 126.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 127.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 2 mars 1898 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société et des demandes d'admission suivantes :

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Bachon ⁽¹⁾ (Lucien), Ingénieur électricien, 73, rue Fondary, à Paris. — Présenté par MM. Sautter et Bochet.

Ducommun (André), Directeur de la *Société régionale d'éclairage électrique*, à Avignon (Bouches-du-Rhône). — Présenté par MM. Janet et Gosselin.

Fontaine ⁽¹⁾ (Eugène-Paul), Ingénieur-Conseil, Secrétaire général du Syndicat professionnel des Usines d'Électricité, 27, rue Tronchet, à Paris. — Présenté par MM. d'Arsonval et Gosselin.

Herbault ⁽¹⁾ (Charles), Président du Syndicat des Usines d'Électricité, 18, rue Roquepine, à Paris. — Présenté par MM. Mascart et Gosselin.

Houllevigne ⁽¹⁾ (Louis), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Korda ⁽¹⁾ (Jules), Directeur commercial de la *Société française de l'Ambroïme*, 9, rue de Naples, à Paris. — Présenté par MM. D. Korda et Gosselin.

Nugues ⁽¹⁾ (Léon-Auguste-Émile), Chef de Travaux à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 92, boulevard Richard-Lenoir, à Paris. — Présenté par MM. Gosselin et Pellat.

Rossel ⁽¹⁾ (Frédéric-Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Laboratoire de M. Ader, à la *Société industrielle des Téléphones*, 31, rue de Berne, à Paris. — Présenté par MM. Sautter et Harlé.

sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés aux auteurs des dons suivants, en faveur de l'École supérieure d'Électricité :

MM.

CHAUVIN et ARNOUX.....	1 galvanomètre à lecture directe.
GEOFFROY et DELORE	3 couronnes de fil et câbles à haut isolement.
CH. HERBAULT, Président du Syndicat des Usines d'Électricité	500 francs.
LOPPÉ	1 planimètre Amsler.
SOCIÉTÉ DES TÉLÉPHONES.....	3 éléments de piles.
SOCIÉTÉ « LE CARBONE ».....	5 éléments de pile.
SOCIÉTÉ MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE GRAMME..	Matériel divers.
TAVERNIER-GRAVET.....	1 règle à calcul de Mannheim.

M. le PRÉSIDENT fait part à l'Assemblée du décès de M. Gauthier-Villars, ancien Membre du Comité d'Administration, qui, en plusieurs circonstances, a donné des preuves de sa grande sollicitude pour la Société internationale des Électriciens : au nom de celle-ci,

⁽¹⁾ Élu en séance du 2 février 1898.

il adresse, à MM. Gauthier-Villars fils, l'expression émue de ses plus vifs regrets.

Il est donné lecture d'une lettre circulaire émanant du Jury international des classes d'Électricité de l'Exposition de Bruxelles, en 1897, et invitant les électriciens à prendre part à une manifestation qu'il organise en l'honneur de M. Z. Gramme. Les souscriptions des Membres de la Société internationale des Électriciens seront recueillies au siège social.

Conformément à l'article 14 du Règlement intérieur, M. le Président porte à la connaissance de la Réunion les noms des candidats ci-après, que le Comité propose au choix de l'Assemblée générale en vue du renouvellement partiel du Bureau et du Comité d'administration :

PRÉSIDENT

pour l'exercice 1899-1900 :

MM.

Violle (J.), Membre de l'Institut.

VICE-PRÉSIDENTS :

Clérac (H.), Directeur-Ingénieur des Télégraphes.

Monnier (D.), Professeur d'Électricité industrielle à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRES :

Abraham (H.), Professeur au Lycée Louis-le-Grand.

Grosselin (M.), Ingénieur civil des Mines.

TRÉSORIER :

Violet (L.), Ingénieur Directeur des ateliers de la Maison J. Carpentier.

MEMBRES :

Blondel (A.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service central des Phares.

Blondin (J.), Directeur scientifique du journal *L'Éclairage électrique*.

Boucherot (P.), Ingénieur-conseil.

Chaumat (H.), Chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité.

Desroziers (E.), Ingénieur-électricien.

Ebel (G.), Directeur de la *Compagnie d'Éclairage électrique du secteur des Champs Élysées*.

Gaiffe (G.), Ingénieur-électricien.

Gauthier-Villars (Albert), Imprimeur-éditeur.

MM.

Guillaume (Ch.-Ed.), attaché au Bureau des Poids et Mesures.

Krebs (Commandant).

Laporte (Frédéric), Chef de Travaux au Laboratoire central d'Électricité.

Larnaude (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, fabricant de lampes à incandescence.

Margaine (G.), Directeur de la *Compagnie des accumulateurs Blot*.

Poincaré (L.), chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris.

Radiguet, Constructeur-électricien.

Romilly (de), ancien Président de la Société française de Physique.

Sautter (G.), Ingénieur-constructeur.

Voisenat (J.), Ingénieur des Télégraphes.

COMMISSION DES COMPTES :

Armengaud jeune, Ingénieur civil.

Berthon (A.), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*.

Masson (G.), Éditeur.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

NOUVEAU MODE DE RUPTURE DU COURANT. APPLICATION AUX COUPE-CIRCUITS ⁽¹⁾.

M. MAURICE BOUCHET. — « *Rupture actuelle du courant.* — Les systèmes de ruptures actuellement employés dans l'industrie reposent sur la disjonction brusque de deux parties métalliques.

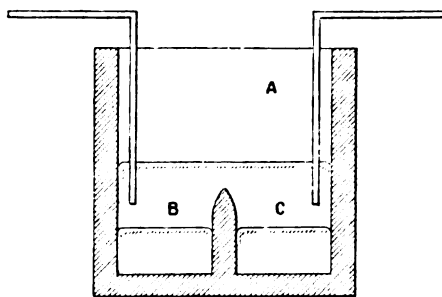
» Depuis quelques années, on fait usage d'interrupteurs à contacts de charbon. Parfois, on combine les deux procédés en y adjoignant un souffleur magnétique.

» Les contacts à mercure offrent, tels qu'ils sont employés, de sérieux inconvénients. Ils ne trouvent d'applications que dans certains couplages d'accumulateurs et dans les disjoncteurs. La rupture a lieu entre une pièce métallique et le mercure.

» Enfin, pour les hautes tensions, on effectue la rupture dans un liquide moins perméable à l'étincelle que l'air, certaines huiles par exemple.

» *Rupture dans le mercure.* — Le système exposé permet d'obtenir la rupture au sein d'un liquide conducteur. Il faut, pour réaliser cette condition, un dispositif qui coupe automatiquement l'arc qui tend à s'établir à la séparation des deux molécules, soumises ainsi à la différence de potentiel du circuit.

Fig. 1.



» En interposant, dès la formation de l'arc, une pièce isolante qu'il ne peut traverser, celui-ci se trouve rompu.

» La disposition employée réalise cette condition.

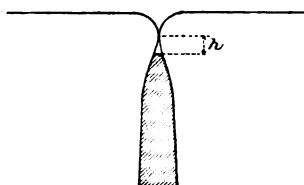
(1) Communication présentée par M. Janet, directeur de l'École supérieure d'Électricité.

» *Principe.* — A est un récipient en matière isolante formant deux cavités B et C séparées par une cloison (*fig. 1*).

» Chaque cavité contient une certaine quantité de mercure et est reliée à l'une des bornes de l'interrupteur.

» Si, par un moyen quelconque que nous étudions plus loin, nous produisons une élévation du niveau du mercure dans les deux cavités, les deux colonnes, à un certain moment, communiqueront entre elles, le point de contact étant au-dessus de la cloison (*fig. 2*).

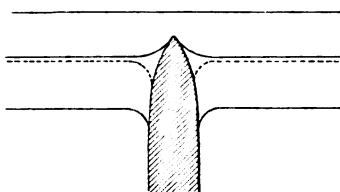
Fig. 2.



La cote h dépend de l'angle au sommet et de l'angle de raccordement inférieur des ménisques. Une nappe continue se forme instantanément dès que le contact se produit. La fermeture du circuit a donc lieu très franchement, quelle que soit la vitesse de l'élévation du mercure.

» En laissant revenir celui-ci à son niveau primitif, la cohésion tend à maintenir le contact au sommet de la cloison ; l'abaissement du niveau continuant, la pesanteur l'emporte et la rupture a lieu (*fig. 3*).

Fig. 3.



» L'arc qui tend à se former se trouve rompu dès sa naissance par l'interposition de la cloison.

» La tension superficielle du mercure influe certainement beaucoup sur le fonctionnement.

» En vue d'examiner plus facilement le phénomène de la rupture, un interrupteur compris entre deux glaces est intercalé dans un ap-

pareil de projection. En produisant l'élévation et l'abaissement du mercure des cavités, on voit distinctement les deux ménisques se projeter et un éclair brillant se produit à la rupture.

» On constate ainsi aisément l'impossibilité de l'allumage de l'arc.

» L'étincelle qui se produit au sommet de la cloison amène la volatilisation d'un peu de mercure.

» Le sommet de la cloison ne présente aucune trace d'usure, même avec de fortes étincelles répétées un grand nombre de fois.

» La cloison ne joue que le rôle de support, les points entre lesquels l'étincelle se produit étant essentiellement mobiles, puisque ce sont deux molécules de mercure. La seule action physique de l'étincelle est la formation de vapeurs mercurielles.

» Cette conservation de la cloison, qui est capitale pour la durée des appareils construits sur ce principe, peut être démontrée par la rupture du courant au-dessus de cloisons en matières combustibles ou fusibles.

» Les premiers essais ont porté sur des pièces en plâtre, sans aucun enduit ; l'usure était à peine sensible après des épreuves très rigoureuses. Des cloisons en bois ne présentent pas non plus d'avaries, si l'angle n'est pas trop aigu. Enfin, on est arrivé à rompre des courants de 20 ampères 110 volts sur des cloisons en paraffine. Dans ce cas, pour que l'usure soit insignifiante, il faut un profil dont l'angle au sommet ne descende pas au-dessous de 45° environ.

» Du reste, si l'on prend une cloison en paraffine très aiguë, on obtient, après un certain nombre de ruptures, un profil pour lequel l'usure devient presque négligeable.

» Le courant et le mercure ont donc moulé eux-mêmes la meilleure forme à employer. Ce profil semble se rapprocher d'une parabole.

» Les essais ont porté également sur l'emploi de diverses substances recouvrant le mercure : glycérine, huile, etc. ; le résultat n'a pas été très sensible ; néanmoins, une légère couche d'huile paraît faciliter le fonctionnement.

» Dans le but de diminuer l'oxydation du mercure et d'opérer dans une atmosphère non renouvelée, l'appareil fonctionne presque

complètement en vase clos. On se trouve ainsi à l'abri de toute projection de mercure, les vapeurs dégagées par l'étincelle venant se condenser sur les parois.

» *Prises de courant.* — En pratique, le mercure n'est pas en contact avec les prises de courant.

» L'extrémité des bornes se trouve dans chaque cavité, à un niveau intermédiaire entre le sommet de la cloison et le niveau du mercure dans la position de rupture.

» On a donc successivement :

» 1° Communication électrique des bornes avec le mercure de chaque cavité ;

» 2° Fermeture du circuit au sommet de la cloison. Inversement la rupture se produit toujours sur la cloison, puis les deux colonnes de mercure rompent le contact avec les bornes.

» On obtient ainsi deux avantages importants :

» 1° On ne soumet la cloison à aucune tension électrique, sauf pendant le temps très court compris entre la rupture et l'émer des bornes ;

» 2° La valeur de l'isolement est ainsi augmentée.

» Un appareil unipolaire soumis à la rupture d'un courant : 20 ampères, 110 volts, mille fois de suite (durée, vingt minutes), a accusé un isolement dépassant un mégohm entre les bornes. Les étincelles successives avaient même échauffé sensiblement le récipient, qui était ainsi soumis (on en conviendra) à une épreuve plus sévère qu'en service. L'intérieur de la cuvette se recouvre d'une couche grisâtre de vapeurs condensées qui n'augmente pas avec le fonctionnement. Il y a volatilisation, puis condensation du mercure, le cycle est fermé. Il peut arriver parfois, surtout si le mercure contient des métaux étrangers modifiant sa cohésion, qu'un petit filament de mercure reste à cheval sur la cloison.

» Ceci se passe dans le cas de rupture de faible intensité (moins de 2 ampères). Lorsqu'on rétablit ensuite le courant, une étincelle se produit à la fermeture au moment du contact des colonnes de mercure avec ce filament. S'il arrivait même que celui-ci maintint le contact entre les deux cavités, la rupture du courant (toujours faible dans ce cas) aurait lieu entre les bornes et le mercure, sans autre dommage. En aucun cas, le circuit ne peut rester fermé pour

la position de rupture. Le point de contact des bornes intérieures avec la paroi est situé à un niveau supérieur à celui du mercure.

» Cette disposition, très suffisante pour les appareils destinés aux tensions de 200 volts, serait inacceptable pour les hautes tensions.

» Dans ce cas, les bornes sont placées dans des cavités séparées, communiquant par des conduits aux compartiments extrêmes. On isole ainsi complètement les arrivées de courant de la chambre de rupture. Aucune vapeur ne peut passer à travers le siphon, et les bornes présentent entre elles un isolement absolument indépendant du fonctionnement de l'appareil.

» Pour les hautes tensions, on met de préférence deux cloisons en série.

» *Modes de dénivellation : 1° Plongeurs.* — Dans chaque cavité, on dispose un plongeur en matière isolante susceptible d'un mouvement de montée et de descente. C'est le procédé le plus employé jusqu'ici.

» Le plongeur, en s'abaissant, déplace un certain volume de mercure et produit ainsi l'élévation du niveau de celui-ci.

» On a

$$h = h' \frac{s}{s' - s};$$

h , dénivellation du mercure ;

h' , course du plongeur ;

s' , section de la cavité ;

s , section du plongeur.

» On peut donc ainsi n'avoir qu'une faible course du plongeur, ce qui peut présenter un certain avantage pour les commandes à distance. La solution pratique la plus employée est $h = h'$; par suite, la section du plongeur est la moitié de celle de la cavité.

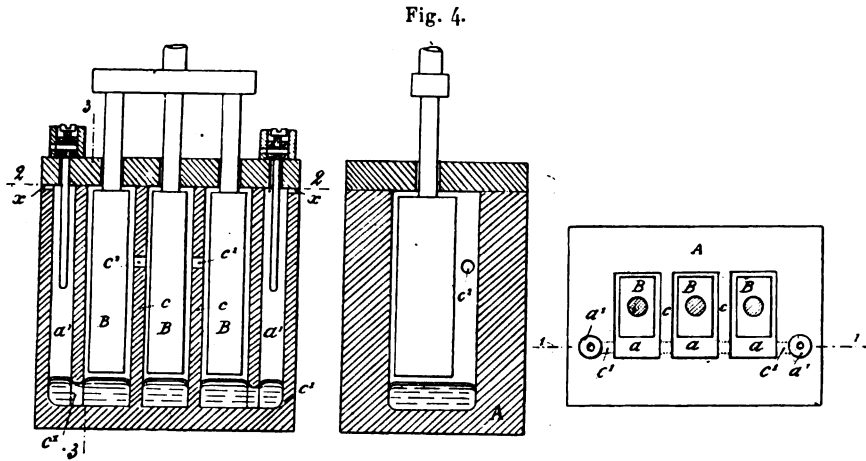
» Les plongeurs ont une action assez importante sur le mercure. Ils nettoient complètement la surface en entraînant automatiquement toutes les impuretés qui pourraient s'y trouver.

» On connaît, du reste, l'expérience classique du verre en poudre répandu à la surface du mercure et qui se trouve entraîné par un corps quelconque immergé ensuite.

» Dans les contacts habituels à mercure, les bornes pénètrent,

au contraire, dans le métal liquide et font l'office des plongeurs. C'est l'une des causes du mauvais fonctionnement de ces appareils.

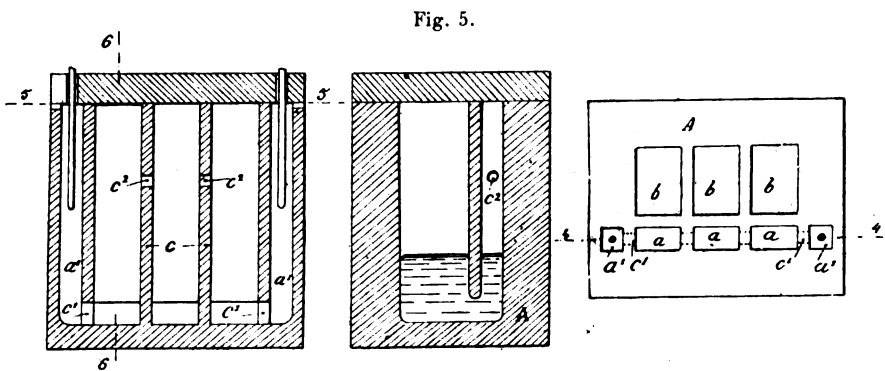
» Grâce à l'obligeance de M. Ebel, directeur du secteur des Champs-Élysées, des essais ont pu être faits à haute tension. Un appareil, disposé comme l'indique la *fig. 4*, a pu rompre des cou-



rants de 12 ampères sous 3200 volts.

» Les bornes, montées sur ébonite, se trouvent, à circuit ouvert, complètement isolées de la masse.

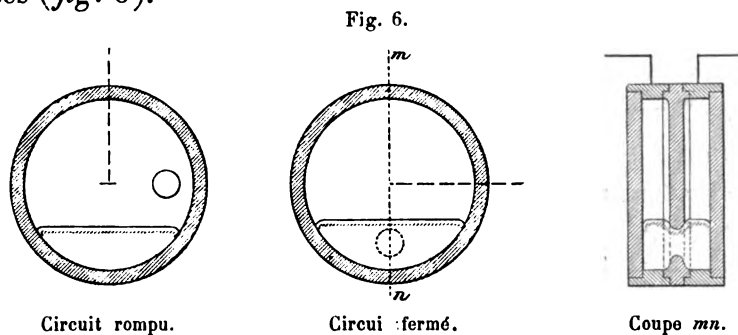
» On peut aussi placer les plongeurs dans une cavité indépendante, séparée par une cloison formant siphon ; on isole ainsi complètement la chambre de rupture (*fig. 5*).



» Dans ce cas, on peut remplacer l'action des plongeurs par la pression d'un fluide ou d'un gaz sur la surface du mercure de ces cavités.

» 2° Un autre mode de dénivellation consiste à faire mouvoir l'ensemble de l'appareil dans un plan parallèle aux cloisons.

» Le mercure conserve ainsi sa position dans l'espace, et c'est la cloison qui, dans son mouvement, fait communiquer les deux cavités (*fig. 6*).



» Les bornes peuvent également être disposées pour ne pas être en contact avec le mercure à circuit ouvert.

» Il n'y a plus besoin de plongeurs. Il suffit de faire tourner l'ensemble d'un certain angle pour ouvrir ou fermer le circuit. Le fonctionnement peut être réalisé en vase clos.

» Le volume de l'appareil est très réduit par ce dispositif, mais les arrivées de courant, étant mobiles, sont plus compliquées à réaliser pour les fortes intensités.

» D'autres modes de dénivellation, présentant moins d'intérêt, ne sont pas employés.

» *Applications.* — L'une des principales applications de ce mode de rupture est celle réalisée par les coupe-circuits.

» L'étude si documentée de M. Laporte sur les plombs fusibles a prouvé combien les conditions existant en pratique différaient de celles que les expériences indiquaient. Tous les auteurs s'accordent, du reste, à considérer les coupe-circuits actuels comme le point faible de l'appareillage.

» Les coupe-circuits peuvent se diviser en deux classes :

» 1° Les coupe-circuits thermiques utilisent la chaleur dégagée par le passage du courant pour rompre celui-ci à un moment donné, soit par fusion d'une portion du circuit, soit en déclenchant un appareil de rupture.

» Ces coupe-circuits, même s'ils fonctionnent d'une façon pré-

cise, comportent, par leur nature même, une inertie thermique impossible à éviter.

» Ils ont un fonctionnement lent permettant au courant d'atteindre une intensité dépassant de beaucoup celle de rupture pendant un temps qui est loin d'être négligeable, ce qui peut offrir de sérieux inconvénients dans certains cas.

» 2° Les coupe-circuits électromagnétiques transforment une partie de l'énergie en puissance mécanique.

» Dans cette seconde classe de coupe-circuits, l'action est instantanée; le retard ne peut provenir que de la masse des pièces mobiles passant du repos à l'état de mouvement; la constante de temps électrique n'intervient que comme condition favorable, en s'opposant à l'accroissement instantané du courant.

» Un coupe-circuit électromagnétique se composera toujours de trois parties :

» 1° Le mécanisme de rupture du courant.

» Cet interrupteur doit être disposé pour rompre des intensités très supérieures à celle de régime en cas de court-circuit et de retard dans le fonctionnement du mécanisme.

» 2° Un électro-aimant actionnant le mécanisme de rupture.

» 3° L'organe de déclenchement.

» Cette partie de l'appareil est indispensable; c'est elle que l'électro actionne et qui, déclenchée, rompt le circuit. On comprend aisément que si l'électro devait rompre lui-même le courant, son action cessant avec celui-ci, l'appareil aurait une marche continue analogue à un trembleur.

» Les organes de déclenchement employés sont des ressorts ou des contrepoids.

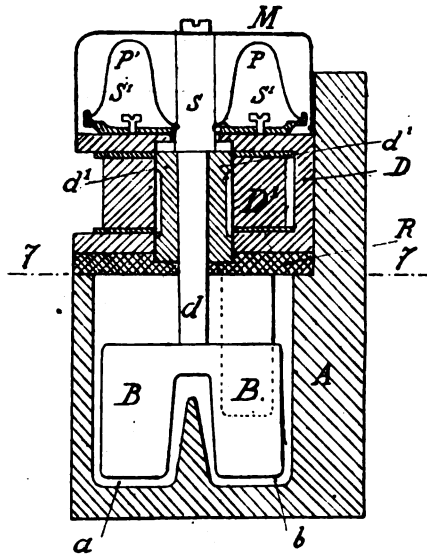
» *Coupe-circuits.* — Le coupe-circuit basé sur le mode de rupture étudié est représenté *fig. 7, 8, 9* :

» 1° L'interrupteur se compose d'une cuvette en porcelaine formant socle; le plongeur est en matière isolante; les prises de courant sont en fer.

» 2° L'électro a été combiné de façon à nécessiter le moins d'ampères-tours possible, en vue de diminuer le volume de l'appareil et de réduire la résistance intercalée dans le circuit. La carcasse a la forme d'un U. Le noyau traverse l'une des branches de l'U et

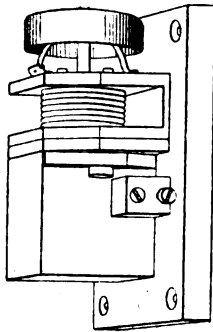
vient se loger dans un évidement pratiqué dans l'autre branche. Il est traversé par la tige du plongeur et lève celle-ci en venant buter

Fig. 7.



contre un épaulement qu'elle porte. La réluctance est très faible. Le circuit magnétique n'étant à aucun moment complètement fermé, le magnétisme rémanent a peu d'influence.

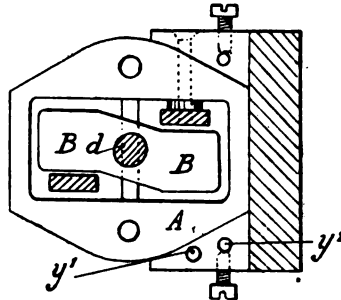
Fig. 8.



» 3° Comme organe déclencheur, on emploie ordinairement un contrepoids ou un ressort. Le poids a l'avantage d'être constant, mais nécessite un volume assez grand et entraîne à des leviers; de plus, il augmente beaucoup la masse des pièces en mouvement et diminue par suite la rapidité de l'action. Le ressort a l'inconvénient de ne pas donner un effort constant, s'il s'oxyde, par exemple.

» Dans le coupe-circuit ci-dessus, on utilise la pesanteur comme force antagoniste au début de l'attraction du noyau, puis l'action d'un ressort lorsque le démarrage s'est produit.

Fig. 9.



» Le noyau est soumis à **trois** forces :

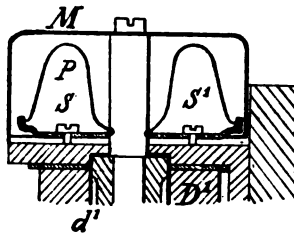
» 1° Son poids **propre** et le poids des pièces qu'il supporte ;

» 2° La **poussée** du mercure sur les plongeurs ;

» 3° L'**effort** sur l'armature agissant dans le même sens que la **poussée**.

» Lorsque l'intensité de rupture est atteinte, l'ensemble du noyau et des pièces qu'il actionne est soulevé ; la pesanteur agit donc seule au début (*fig. 10*).

Fig. 10.

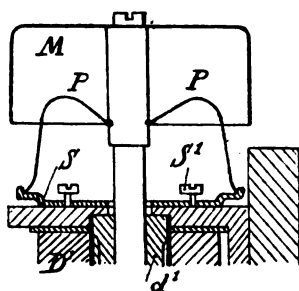


» Après une course de 1^{mm},5 environ, la pièce qui a été levée avec l'ensemble se trouve arrêtée par deux vis S', S'. Cette pièce S porte deux ressorts s'appuyant, d'une part, aux extrémités de S et, d'autre part, sur la tige des plongeurs. Ils se font équilibre mutuellement. Mais, dès que la pièce S est arrêtée, la tige des plongeurs, continuant son mouvement, déclenche les deux ressorts dont la composante verticale entraîne alors la tige des plongeurs et rompt le circuit (*fig. 11*). Par cette disposition, la tension des ressorts

peut varier dans une certaine limite sans modifier la précision de l'appareil.

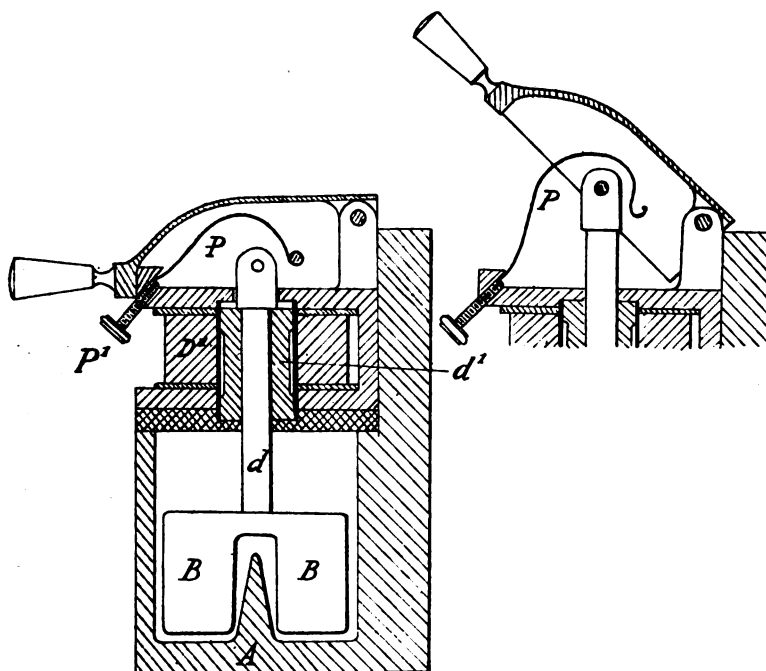
» Pour refermer le circuit, il suffit d'abaisser le couvercle : les ressorts sont réarmés et l'appareil est prêt à marcher de nouveau.

Fig. 11.



» Ces appareils sont destinés à servir uniquement de coupe-circuits; ils sont réglés d'avance et aucun moyen ne permet de faire

Fig. 12.



varier l'intensité de rupture. L'un des reproches que l'on adresse aux fusibles est, en effet, la facilité que l'on a de modifier la con-

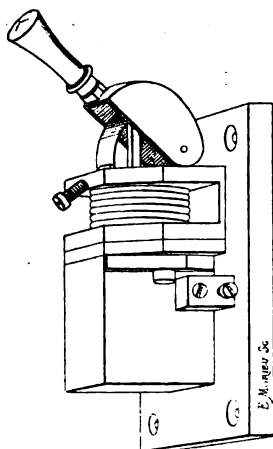
stante des appareils dans de grandes proportions en mettant un plomb trop important, à moins que l'on n'intercale un fil de cuivre pour éviter tout remplacement.

» *Coupe-circuit interrupteur.* — L'électro et la cuvette sont les mêmes que ci-dessus. La tige des plongeurs est reliée à une pièce de bronze portant une poignée (*fig. 12, 13*).

» Le déclenchement se fait par un ressort P articulé à la pièce formant levier de manœuvre. A circuit fermé, la composante verticale du ressort fait équilibre à l'attraction du noyau.

» Lorsque l'intensité de rupture est atteinte, cet équilibre est rompu; la composante verticale du ressort, dirigée en sens contraire, entraîne la tige et amène la rupture.

Fig. 13.

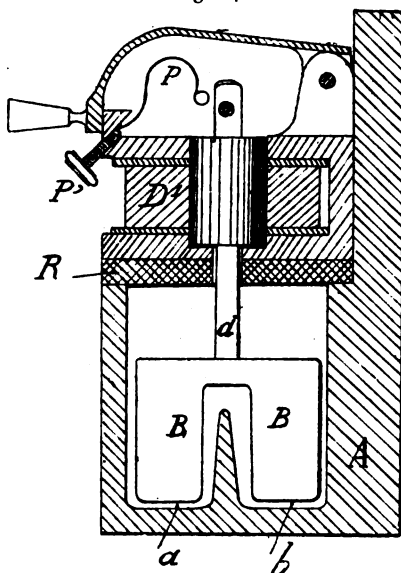


» *Réglage.* — Le réglage se fait au moyen d'une vis P' qui modifie le point d'articulation du ressort et, par suite, l'effort que le noyau de l'électro doit vaincre.

» *Appareil disjoncteur à minimum* (*fig. 14*). — Pour réaliser cet appareil, il suffit de renverser le fonctionnement de l'électro et de régler le ressort de façon à avoir une composante verticale dirigée de bas en haut, l'attraction du noyau se faisant de haut en bas. Le fonctionnement est identique; on ferme le circuit, l'électro maintient l'armature et, si l'intensité s'abaisse au delà de la valeur voulue, le ressort l'emporte et le circuit est coupé. Des conjoncteurs disjoncteurs ont été également construits avec ce mode de rupture.

» *Appareil limiteur d'abonné.* — Enfin, on peut munir ces appareils d'un dispositif de commande empêchant de bloquer l'appareil; ils trouvent leur application comme limiteur de courant pour abonné.

Fig. 14.



» Ces divers appareils sont construits pour fonctionner à l'aide du courant continu; mais, avec quelques modifications, on arrive facilement à les établir pour courants alternatifs. Le nombre des spires étant très faible, 10 pour l'appareil déclenchant à 20 ampères, la self-induction est négligeable.

» *Données numériques.* — Le nombre d'ampères-tours des électros est de 200 environ.

» La consommation de ces appareils, variable suivant l'intensité est d'environ 1 watt. La résistance de la bobine y entre pour $\frac{8}{10}$. La précision des coupe-circuits ordinaires sans réglage est de 3 pour 100 approximativement.

» *Appareil de commande à distance* (fig. 15, 16, 17). — En branchant sur un circuit distinct l'électro des appareils précédents, on peut, à distance, effectuer la rupture.

» L'appareil ci-dessous (fig. 15) est plus complet; il est bipolaire et permet, au moyen de deux électros alimentés par une pile ou par la distribution, de commander à distance un circuit.

» Il existe actuellement un grand nombre d'appareils permettant

de rompre par simple déclenchement ; mais la fermeture à distance

Fig. 15.

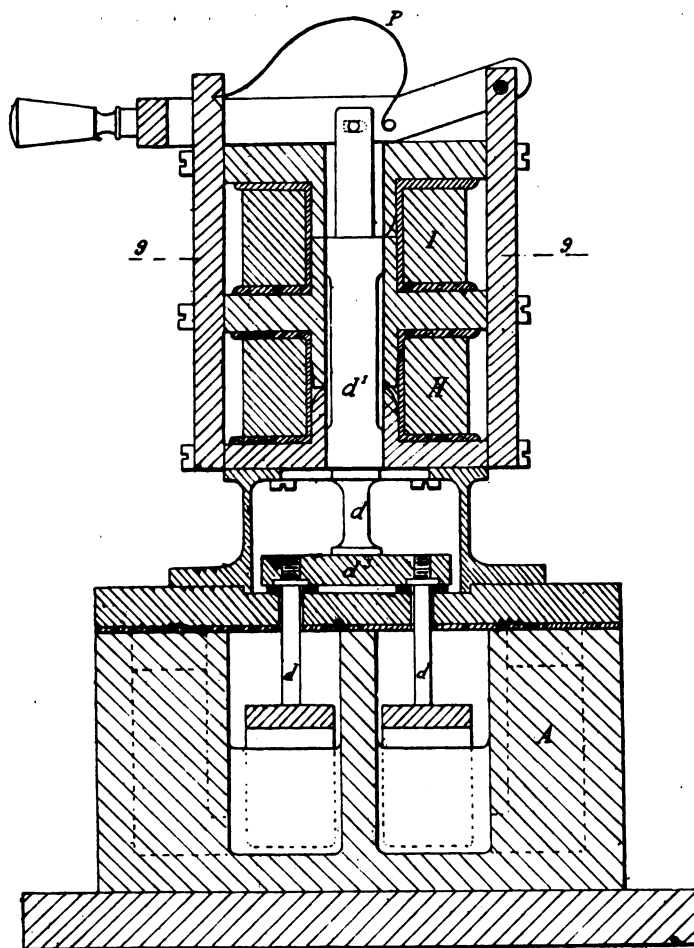
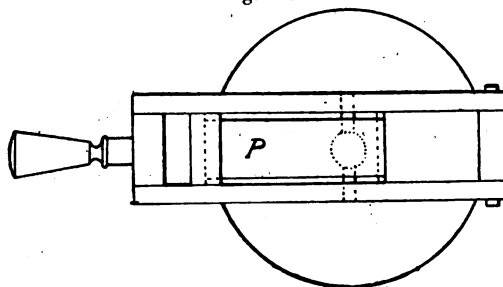


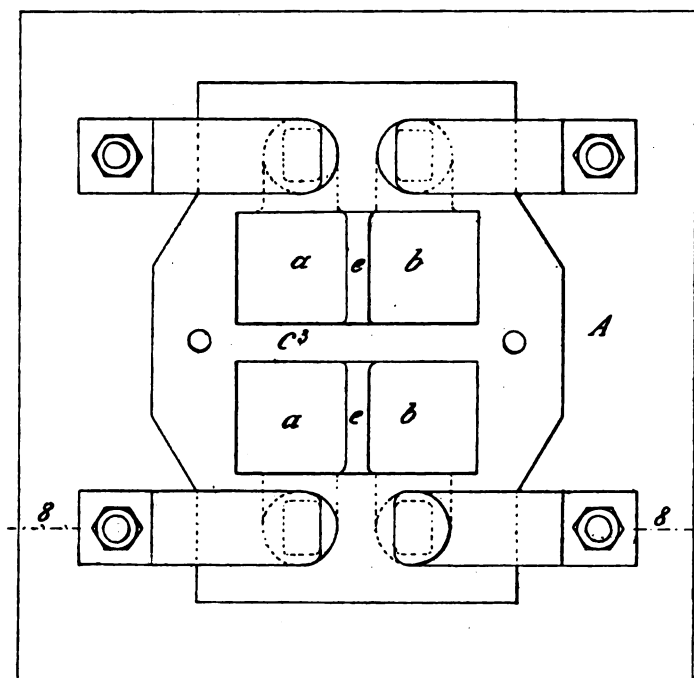
Fig. 16.



est plus délicate à réaliser, car les contacts métalliques nécessitent un effort relativement grand.

» Le dispositif de rupture étudié se prête bien à ce genre d'appareils, puisque l'effort sera toujours faible et que la poussée du mercure pourra être compensée exactement.

Fig. 17.



» L'appareil se compose d'une pièce en porcelaine comportant quatre cavités, séparées par deux cloisons disposées côte à côte (bipolaire). Les arrivées de courant se font par puits.

» Les plongeurs réunis par une pièce isolante sont commandés par un noyau qui peut être attiré dans un sens ou l'autre par deux électros.

» Au-dessus de ceux-ci se trouvent disposés un levier et un ressort, maintenant les pièces mobiles à fin de course. Cet appareil est établi pour 500 volts, 150 ampères.

» *Électros.* — Ces électros ont une disposition tout à fait spéciale. Leur construction résulte d'une étude faite dans le but de régulariser l'effort pendant la course de l'armature, tout en augmentant le travail recueilli.

» Dès que l'on veut obtenir une course importante avec un électro, on se trouve conduit à employer une bobine à plongeur; il

faut alors déployer un nombre d'ampères-tours très grand pour forcer le flux dans l'air qui constitue la majeure partie du circuit magnétique.

» Les bobines cuirassées, et principalement la disposition de MM. Ayrton et Perry signalée par M. Silvanus Thomson (traduction de M. Boistel), donnent un champ plus uniforme et diminuent le gaspillage de la force magnétomotrice en réduisant la réluctance du circuit.

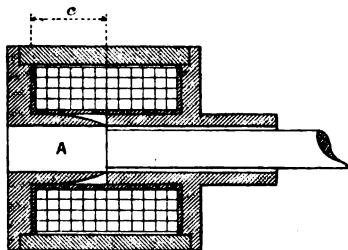
» Mais on ne peut, même avec cette disposition, obtenir un effort constant sur le noyau. On se trouve donc conduit, pour une application quelconque, à employer un ensemble beaucoup plus important qu'il ne serait utile.

» Les nombreux diagrammes relevés sur un électro de ce genre donnent des courbes montant brusquement au moment de l'entrefer pour redescendre ensuite.

» Il est vrai que, parfois, on peut utiliser le noyau comme volant absorbant une certaine puissance vive à un moment de la course pour la restituer ensuite, mais ce moyen est bien aléatoire.

» Le résultat est tout autre si l'on modifie le profil de la pièce A (*fig. 18*); la courbe change aussitôt de forme, et l'on a pu, par

Fig. 18.



tâtonnements, arriver à régulariser presque complètement l'effort sur des courses de 50^{mm} à 60^{mm}.

» Dès lors, l'entrefer est inutile et même nuisible. On maintient les deux pièces en contact. Le circuit magnétique est fermé et l'on augmente ainsi, par l'absence d'entrefer, le flux au début de la course. Toute la partie profilée se trouve portée, si la force magnétomotrice est suffisante, dans une région voisine de la saturation.

» L'attraction du noyau se produit alors en raison du rap-

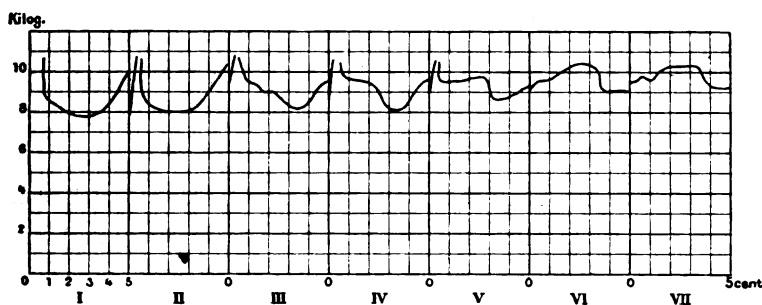
port $\frac{ds}{dl}$, ds étant l'accroissement de section de la pièce A pour un chemin parcouru dl .

» On peut donc régler l'augmentation de flux de manière à maintenir un effort constant sur le noyau.

» Il est assez facile, également, de modifier le graphique de marche de l'électro suivant une courbe donnée *a priori*. On proportionne ainsi à chaque instant (pratiquement sinon rigoureusement) l'effort moteur à l'effort résistant.

» La fig. 19 représente plusieurs diagrammes. I est obtenu avec une pièce polaire établie de façon à avoir un accroissement régulier

Fig. 19.



de section. Les diagrammes II à VII ont été obtenus en modifiant très légèrement le profil en vue de régulariser l'effort. La sensibilité de ce réglage est extrême. La course est de 50^{mm} et l'effort pratique de 9^{kg}; le diamètre du noyau de 30^{mm}, ce qui donne un effort de 1^{kg}, 28 par centimètre carré.

» Il est malheureusement difficile de déterminer, par le calcul, le profil exact nécessaire pour obtenir un résultat donné.

» On peut en première approximation, si l'on désire un effort uniforme, donner un accroissement de section constant à la pièce profilée sur toute la longueur du chemin à parcourir; mais seule l'expérience offre une solution exacte.

» Les dérivations viennent modifier dans chaque position les flux traversés par le noyau et la pièce polaire, et ne peuvent être négligés dans l'étude théorique du problème. Celui-ci se modifie, du reste, avec toutes les caractéristiques de la bobine et avec la force magnétomotrice employée.

» L'absence d'entrefer accroît incontestablement l'aire du diagramme ; le flux initial se trouve ainsi beaucoup augmenté.

» Il semble plus logique de chercher à égaliser ou à modifier l'effort et la course directement, par variation du flux produit, que par des organes mécaniques ou par des dispositifs électro-mécaniques.

» Ce genre d'électro-aimant, dont nous ne signalons ici que l'un des types, présente de nombreuses applications, mais l'étude complète et les résultats obtenus ne rentrent pas dans l'objet de cette Communication.

» En résumé, ce nouveau mode de rupture du courant constituant de véritables bornes liquides, semble éviter, par les dispositions prises, les inconvénients des contacts ordinaires à mercure, et les résultats acquis par les essais paraissent bien augurer du service des appareils construits sur ce principe. »

M. le PRÉSIDENT. — « Je remercie M. Bouchet de son intéressante Communication, et je demanderai la permission d'ajouter quelques mots. J'ai moi-même réalisé il y a quelques années (*La lumière électrique*, 1881 et *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 avril 1887) un interrupteur à mercure dont le principe était le suivant : Un tube en U en fer était rempli de mercure dans ses deux branches. Un robinet en grès se trouvait intercalé entre les deux branches de l'U, de sorte qu'en fermant le robinet on faisait passer graduellement la résistance de zéro à une valeur infinie. Le courant se trouvait donc rompu au sein même du mercure. J'évitais ainsi l'oxydation du métal qui devient inévitable quand l'étincelle de rupture se reproduit à l'air libre. Cette oxydation du mercure me paraît être l'inconvénient à redouter dans les appareils de M. Bouchet. Le mercure une fois oxydé devra, semble-t-il, adhérer le long des cloisons isolantes, et compromettre ainsi la rupture du courant. »

M. BOUCHET. — « Avec le mercure bien pur l'oxydation se fait très lentement, le fonctionnement ayant lieu presque en vase clos. A l'usage prolongé, sans doute, l'inconvénient que signale M. le Président serait à craindre. Mais l'isolement ne serait pas pour cela compromis parce que les bornes d'arrivée du courant sont fixées sur des parois isolantes en des points où le mercure n'arrive jamais et l'isolement de ces bornes est ainsi assuré par l'air. »

CABLES ÉLECTRIQUES A CIRCULATION D'AIR SEC.

M. A. BARBARAT. — « Le réseau téléphonique de Paris est entièrement souterrain et a été construit, jusqu'en 1893, en câble sous gutta à sept paires de conducteurs. Le prix de ces câbles était très élevé; il a varié de 3600^{fr} à 3100^{fr} le kilomètre, les frais de pose étant de 110^{fr} environ; le diamètre est de 21^{mm} à 22^{mm}.

» Au moment où la transformation du réseau de Paris fut commencée en 1893, transformation ayant pour but de diminuer le nombre des bureaux centraux et d'installer des appareils multiples, on reconnut que le type de câble à sept paires sous gutta était trop encombrant et trop onéreux, et les travaux furent commencés avec des câbles à cinquante paires isolés au coton, puis au papier et entièrement remplis de paraffine. Ces câbles étaient fabriqués par la compagnie américaine la *Western* qui fournissait le premier multiple; ils coûtaient 12 000^{fr} le kilomètre, et la pose revenait à 1500^{fr}, soit 13 500^{fr}. Ils remplaçaient sept câbles sous gutta à sept paires valant au cours le plus bas, tout posés, 22 500^{fr} environ; d'où une économie sérieuse de 40 pour 100 sur les artères de concentration. Je dois mentionner en passant des essais faits avec d'autres câbles du même genre, mais ils coûtaient plus cher et ne présentaient aucun avantage sur le type décrit ci-dessus.

» L'administration en posa 185^{km} jusqu'au milieu de 1894, époque à laquelle l'emploi du câble à circulation d'air sec dont je vais parler fut généralisé.

» Les câbles de la *Western* étaient, au début, entièrement remplis de paraffine; plus tard les derniers modèles étaient seulement paraffinés aux extrémités de chaque section sur une longueur de 7^m à 8^m. Ces obturations avaient pour but d'empêcher les câbles de devenir entièrement mauvais lorsqu'ils étaient perforés et de limiter le dégât à une seule section. Les soudures de ces câbles et surtout leur réparation présentaient des difficultés sérieuses quand il fallait opérer dans les égouts, et c'est pour y remédier que j'ai proposé de fabriquer les câbles de manière à laisser circuler de l'air sec d'un bout à l'autre.

» Avec cette simple modification dans la fabrication, la matière qui enveloppe les conducteurs ne joue plus le rôle d'isolant, mais seulement de séparateur pour empêcher les conducteurs de se toucher. Le véritable isolant est l'air sec facile à remplacer s'il peut circuler d'un bout à l'autre du câble, et c'est pour ce motif que j'appelle ces câbles : à *circulation d'air sec*, pour les distinguer de ceux où l'air ne peut être remplacé en raison des obturations à chaque section.

» Les conséquences de l'adoption de ce modèle furent très importantes. D'abord, il fut possible de mettre les câbles en adjudication, puisqu'il ne s'agissait plus d'un modèle breveté.

» Si l'on considérait les câbles comme isolés au papier seulement, ils étaient dans le domaine public, car il existait des brevets ayant plus de quinze ans de date, et, quant au perfectionnement résultant de l'emploi de la circulation d'air sec pour maintenir ou restituer un bon isolement, il appartenait entièrement à l'Administration.

» Les prix des câbles furent, presque dès le début, ce qu'ils sont aujourd'hui. Si l'on compare le câble à air à 56 paires (contenant 8 câbles à 7 paires) et le câble à 50 paires de la *Western* (contenant 7 câbles à 7 paires) on trouve, d'après la dernière série de prix, qu'il vaut 3740^{fr} le kilomètre au lieu de 12000^{fr}. La pose et la soudure reviennent à 560^{fr} au lieu de 1500^{fr}; soit, en tenant compte du nombre de paires, une économie de 68 pour 100.

» Tel est le premier avantage procuré par l'emploi des câbles à circulation d'air sec; une économie des deux tiers par rapport aux câbles isolés au papier du modèle américain, les moins chers de tous les modèles essayés et qui, comme on l'a vu, donnaient déjà une économie de 40 pour 100 par rapport aux câbles sous gutta.

» Cet avantage, d'une très grande économie, n'est pas cependant, à mon avis, le plus important.

» Les câbles isolés à la paraffine auraient baissé de prix lorsque l'expiration des brevets aurait amené la libre concurrence, mais j'ai tenu néanmoins à le signaler spécialement pour expliquer comment, en moins de deux ans, tous les modèles de câbles de l'Administration française ont été remplacés par le type à circulation d'air sec, tant pour le télégraphe que pour le téléphone.

» *Réseau de Paris.* — Ces préliminaires établis, j'arrive directement à l'organisation actuelle du réseau téléphonique de Paris.

» Tous les câbles neufs commandés sont isolés au papier et à circulation d'air sec. On n'impose au fournisseur aucun procédé particulier pour la couverture du conducteur. Le papier est posé en long ou en hélice au choix. On exige, toutefois, beaucoup de ténacité pour le papier, ce qui est d'ailleurs l'intérêt du fournisseur, car la fabrication serait impossible avec des bandes trop cassantes.

» L'épaisseur du plomb est forte et varie de 2^{mm},5 à 3^{mm},75 pour les différents modèles qui sont : 1, 7, 28, 56, 112, 224 paires. On a conservé le nombre de 7 paires pour le câble remplaçant le premier type isolé à la gutta, et il en est résulté que les autres câbles ont un nombre de paires multiple de 7.

» Il est imposé seulement un diamètre maximum, une clause de passage de l'air et une capacité maximum, 0,07 microfarad, par kilomètre. Le fabricant reste libre de diminuer le diamètre s'il continue à remplir les autres conditions; c'est son intérêt, puisque le prix du câble peut ainsi être abaissé et qu'il s'agit d'adjudication publique.

» Les gros câbles 56, 112, 224 paires sont posés dans des gaines en tôle, les autres dans des crochets. Dans certaines gaines de gros calibre, aux abords du Bureau central de Gutenberg, il y a dix câbles les uns au-dessus des autres.

» Les câbles partent de boîtes (en bois actuellement) appelées *têtes*. Sur le dessus sont fixées les bornes où l'on attache les conducteurs. Comme il serait impossible de fabriquer ces têtes assez étanches pour supporter la pression de l'air, on obture l'extrémité à la paraffine et l'on envoie l'air par un tuyau piqué dans le câble en arrière de l'obturation. Les soudures se font sans précaution spéciale. Les conducteurs sont simplement tordus ensemble puis recouverts d'un tube en papier. La soudure entière est ensuite recouverte d'un manchon en plomb soudé sur les enveloppes de plomb des sections raccordées.

» Les câbles aboutissent à des chambres de concentration d'où ils se distribuent en câbles à 7 paires et, enfin, en câbles à 1 paire jusque chez les abonnés.

» Dans les chambres on emploie, pour la distribution, des têtes

en fonte à double fond, d'où partent des tubulures pour les gros câbles et pour les câbles à 7 paires; mais quelquefois on fait la distribution en plein égout au moyen d'une culotte spéciale en plomb.

» La distribution du câble à 7 paires en câbles à 1 paire se fait au moyen d'une pièce à 7 tubulures.

» Enfin, lorsque les abonnés sont éloignés et pour économiser le câble à 1 paire, on peut prendre une dérivation directement sur un câble à 7 paires. Ce procédé est encore peu employé, mais l'essai qui en a été fait à Neuilly a très bien réussi.

» Tous ces travaux sont très faciles avec l'emploi de l'air sec. Mais l'avantage principal réside dans la facilité des réparations.

» Avec le câble américain, s'il se produit un trou, tous les fils sont mis à la terre par introduction d'humidité et surtout d'eau lorsque les câbles sont noyés.

» Comme on n'a aucun moyen de chasser cette humidité, il faudrait, pour réparer le câble, remplacer la section mauvaise.

» Cette opération serait longue et difficile; il faudrait soulever tous les câbles d'une gaine sur une assez grande longueur, couper ensuite la partie mauvaise au jugé, sans être certain d'avoir enlevé tout ce qui est humide, et refaire deux soudures complètes en reconnaissant de chaque côté les fils un à un. En outre, dans tous les cas, il est indispensable de déplacer tous les abonnés, de sorte que la moindre fissure dans un câble de l'ancien type est un accident important par les dépenses nécessitées pour la réparation.

» Avec les câbles à circulation d'air, il n'en est pas de même. Si l'eau n'a pas pénétré en grande quantité dans le câble, ce que l'on reconnaît par l'essai d'isolement, on se contente d'envoyer l'air sec par les deux extrémités.

» Pour activer le dessèchement, on chauffe le câble aux abords du défaut, qui a été localisé par un essai électrique et dont la recherche est d'ailleurs facilitée par l'échappement d'air. Au bout de quelques heures, l'isolement est devenu satisfaisant; on continue aussi longtemps qu'il est nécessaire, on bouche ensuite le défaut par un nœud de soudure sur l'enveloppe de plomb et la réparation est terminée.

» Si le câble a été complètement noyé, le dessèchement dure

plus longtemps, et l'on est alors obligé de déplacer les abonnés; mais ce cas est bien moins fréquent.

» Quant à la réparation, elle est toujours aussi facile. Il suffit d'envoyer de l'air sec et de chauffer l'enveloppe de plomb aux abords de la déchirure. L'eau sort à l'état liquide ou vaporisée, et en aucun cas l'on n'a besoin de couper le câble.

» L'air sous pression est emprunté, à Paris, à la canalisation de la Société parisienne de l'air comprimé.

» En province, dans les grandes villes, on se sert, en général, de pompes Westinghouse, car on a fréquemment des générateurs de vapeur installés pour d'autres usages.

» L'air est desséché par son passage sur du chlorure de calcium dans 6 gros cylindres ayant 0^m, 30 de diamètre et 1^m, 20 de hauteur. L'air circule lentement dans ces cylindres et, à la sortie, il est complètement sec. Il est ensuite distribué sur les câbles et dans les chambres de coupures. Prochainement, les câbles plus particulièrement exposés à être recouverts par les eaux d'égout seront maintenus sous pression de 3^{kg}. Un compteur sensible indiquera par son débit s'il se produit des perforations de l'enveloppe et, de plus, l'eau ne pourra jamais s'introduire en grande quantité. Cette mesure est utile dans le cas où l'on n'a pas de câble de rechange, car une perforation importante pourrait interrompre le service d'un grand nombre d'abonnés.

» *Câbles télégraphiques et téléphoniques.* — Le modèle à circulation d'air sec a été adopté pour relier les guérites de raccordement aux bureaux centraux, tant pour la télégraphie que pour la téléphonie. Il n'y a rien de particulier à ajouter à ce sujet. Toutefois, en raison de l'économie de la fabrication et de la facilité de la pose, on a pu prendre, pour les conducteurs des câbles téléphoniques, des fils d'un diamètre égal aux fils aériens.

» On a donc créé les types de câbles à 7 paires de conducteurs en cuivre, de 2^{mm}, 2^{mm}, 5, 3^{mm}, 4^{mm}, 5^{mm}. Ces câbles ont une capacité maxima de 0,07 microfarad, exigée d'après le cahier des charges, ce qui nécessite un diamètre assez considérable.

» On a même commencé à poser des câbles à circulation d'air pour remplacer les lignes souterraines à grande distance. C'est ainsi qu'on a construit une section de 64^{km}, entre Marseille et Toulon. Le

câble est à 6 paires de conducteurs de 2^{mm}. Au début, il y a eu quelques défauts dans l'enveloppe de plomb, mais ces défauts ont montré les précautions à prendre pour la fabrication. Le desséchement a été fait au moyen d'une pompe à bras et d'un dessécheur portatif; il a été reconnu que ce procédé primitif devait être amélioré par l'emploi d'une pompe actionnée par un moteur mécanique. Les moteurs à pétrole employés par les automobiles sont assez perfectionnés pour que la solution soit facile.

» Dans l'article que j'ai publié dans les *Annales télégraphiques* de mai-juin 1894, j'avais exprimé l'avis que les câbles à air sec devaient remplacer entièrement les câbles sous gutta pour les lignes télégraphiques et téléphoniques. J'avais ajouté que peut-être ces câbles trouveraient une application utile pour la transmission de l'énergie électrique.

» Actuellement, en tenant compte des résultats acquis, je suis convaincu qu'un essai devrait être tenté dans ce sens et que l'industrie électrique y trouverait des avantages sérieux au point de vue de l'économie et de la facilité de la réparation.

» Il serait très facile de maintenir ces câbles sous pression, comme je l'ai expliqué plus haut, et l'on serait ainsi à l'abri des interruptions en cas de perforation accidentelle de l'enveloppe de plomb. »

M. le Président remercie M. Barbarat de son intéressante Communication.

La séance est levée à 10^h 25^m soir.



CORRESPONDANCE.

Nous recevons de M. Ducretet, ingénieur-constructeur, la lettre suivante :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Dans la séance du mercredi 12 janvier 1898, M. Voisenat a exposé l'*historique de la télégraphie sans fils* et il a parlé des travaux de M. Popoff ⁽¹⁾ exécutés et publiés par ce savant en 1895. Dans sa Communication, M. Voisenat n'a pas mentionné les *conclusions* qui terminent le *Mémoire publié* par M. le professeur Popoff ⁽²⁾; par suite de leur *importance historique*, il est nécessaire qu'elles soient inscrites dans le Bulletin de notre Société. J'ignorais moi-même ces conclusions lorsque j'ai fait à la Société française de Physique, le 19 novembre dernier, une Communication sur le même sujet, avec expériences. M. le professeur Popoff vient de me faire parvenir une traduction de son important Mémoire : après avoir rendu justice à notre compatriote, M. Branly, M. Popoff décrit les appareils qu'il a imaginés, tels qu'ils ont été employés, *bien après*, par M. Marconi ⁽³⁾, en vue de l'enregistrement des *perturbations électriques de l'atmosphère*, et il termine son Mémoire de 1895 ainsi :

Pour conclusion, je peux exprimer l'espérance que mon appareil, dans son perfectionnement, peut être appliqué pour la transmission des signaux à distance à l'aide des vibrations électriques rapides, lorsqu'on aura trouvé un générateur de ces vibrations de puissance suffisante.

En janvier 1896, ces appareils étaient présentés par M. Popoff à la Section de la Société technique impériale de Cronstadt, et dans cette séance il démontrait la *possibilité* des expériences pratiques avec cet appareil et de son emploi par la Marine.

Dès les premières Communications publiées sur les expériences de M. Marconi, M. Popoff rappela les siennes dans le Journal de la Marine russe (*Cotlin*) et dit qu'avec son appareil il pouvait réaliser la télégraphie sans conducteurs à la distance d'un mille. Avec des vibrateurs plus grands, M. Popoff put transmettre en mer des signaux distincts à plus de 5^{km}.

(1) M. Popoff, professeur de Physique à l'École des Officiers torpilleurs de la Marine et à l'École des Ingénieurs de la Marine à Cronstadt.

(2) Mémoire inséré dans le *Bulletin de la Société physico-chimique russe*, t. XXVIII, n° 1, daté de Cronstadt, décembre 1895.

(3) Brevets de M. Marconi : Angleterre, juin 1896, juin 1897 ; France, novembre 1896.

M. Popoff m'écrit qu'il avait commencé ses travaux pratiques avant la publication de ceux de M. Marconi et qu'il les a continués après. Pour cette transmission des signaux l'enregistreur-récepteur dont il se sert est un simple télégraphe de Morse.

M'occupant moi-même de la question, ainsi que vous avez pu le voir par ma présentation à la Société française de Physique, le 19 novembre dernier, je pense qu'il y a intérêt, pour tous comme pour moi, à ce que l'*historique* en soit fait et publié aussi complet que possible.

Je pourrai, d'ici peu, présenter à la Société mes appareils, avec les perfectionnements qu'ils comportent, dans l'espoir qu'ils intéresseront les Membres de la Société.

Veuillez agréer, M. le Président, etc.

E. DUCRETET.

Paris, le 3 février 1898.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Des contrats de concessions d'éclairage par le gaz et des autorisations d'éclairage électrique, par M. A. H. 1 vol. in-4°. Bordeaux, Durant. (*Don de l'Auteur.*)

La traction mécanique des tramways, par M. RAYMOND GODFERNAUX. 1 vol. in-8°. Paris, Baudry et C^{ie}. (*Don de l'Auteur.*)

Manuel pratique des brevets d'invention et de contrefaçon, par M. G. LAURENS DE LA BARRE. 1 vol. grand in-12. Paris, Fontemoing. (*Don de l'Auteur.*)

Étranger.

Elektrische Licht und Kraft Anlagen Gesichtspunkte für deren Projektierung, von Dr. LUDWIG FISCHER. Grand in-8°. Wiesbaden, C.-W. Kreidel's Verlag, 1898. (*Don de l'Auteur.*)

Union internationale permanente de tramways. Excursion à Bruxelles, Ostende, Blankenberghe. Communication de M. E.-A. Ziffer. 1 brochure grand in-8°. Bruxelles, T. Rein. (*Don de l'Auteur.*)

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

6/1/98. — Expériences sur l'inflammabilité du grisou et des poussières de charbon par l'électricité; *Heise et Thiem*. — Nouvelle méthode pour la détermination de l'hystérésis; *J. Gill*. — Statistique des tramways allemands.

13/1. — Expériences (*suite*); *Heise et Thiem*. — Tramways électriques de Berlin (règlements et statistique).

20/1. — Expériences sur l'inflammabilité du grisou et des poussières par l'électricité (*fin*); *Heise et Thiem*. — Mesure des capacités par la balance; *W. Peukert*. — Disjoncteur d'Andrews et son emploi. — Tramways électriques à Berlin.

27/1. — Résistances pour démarrages et changement de marche; *E. Egger*. — Production du courant au Bureau télégraphique central de Stuttgart; *G. Ritter et J. West*. — Électrodynamomètre absolu d'Helmholtz; *K. Kahle*.

3/2. — Production du courant (*suite*); *G. Ritter et J. West*. — Interrupteur pour résistances inductives; *H. Müller*.

10/2. — Production du courant (*fin*); *G. Ritter et J. West*. — Couplage des dynamos dans le système à trois fils; *A. Kügler*.

17/2. — Canalisation téléphonique souterraine de Stockholm; *A. Hultmann*. — Sur l'archet dans les tramways; *Von Strobava*. — Procédé simple pour le démarrage des moteurs à courants alternatifs; *R. Arnó*.

24/2. — Nouvelle méthode de mesure de la résistance des lampes à incandescence en marche; *R. Apt et M. Hofmann*. — Canalisation (*fin*); *A. Hultmann*.

3/3. — Nouvelle station centrale de Munich; *F. Uppenborn*. — Le transformateur rotatif; *C. Steinmetz*. — Commutateurs de laboratoire; *J. Kollert*. — Méthode pour représenter l'intensité dans les câbles sous-marins; *F. Rossel*. — Nouveaux compteurs Siemens.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

23/12/97. — Sur un élément à gaz d'éclairage; *Borchers*. — Emploi du téléphone comme galvanoscope; *G. Hantchet*.

6/1/98. Compagnie Edison de Brooklyn; *J. Wetzler*.

13/1/98. — Système de taxation d'après le facteur de charge; *W. Barstow*. — Système de compteur pour tarif variable; *E. Oxley*.

27/1. — Great Northern Elevator de Buffalo; *O. Dunlap*.

3/2. — Le téléphone à Détroit; *S. Grace*.

Electrical World.

1/1. — Lois des convertisseurs rotatifs; *J. Woodbridge* et *C. Cheld*. — Emploi des moteurs polyphasés sur les tramways; *C. Steinmetz*. — Difficultés dans l'emploi de l'électricité pour les grands trafics; *L. Bell*. — Applications des courants alternatifs; *A. Davis*. — Distribution à grande distance par traction électrique; *A. Blondel*.

8/1. — Appareils Brown-Boveri; *A. Levin*. — Jonction des rails; *H. Brown*. — Difficultés (*suite*); *L. Bell*.

5/1. — Appareils Brown-Boveri (*suite*); *A. Levin*. — Électricité produite par le charbon; *J. Reed*.

22/1. — Essais des isolateurs pour haute tension; *J. Haskin*.

29/1. — Construction des tramways en Angleterre; *H. Lomas*. — Essais du synchronographe sur les lignes de la Grande-Bretagne; *A. Crehore* et *G. Squier*. — Rendement actuel des lampes à incandescence; *J. Randall*.

5/2. — Construction (*suite*); *H. Lomas*. — Rendement (*suite*); *J. Randall*.

12/2. — Lois des commutatrices; *J. Woodbridge* et *E. Child*. — Le Great Northern Elevator de Buffalo; *A. Vickers*. — Couplage des dynamos compoundées; *G. Hantchet*.

19/2. — Installation de Juiz de Flora; *P. Thomas*. — Méthode de mesure de la self-induction; *E. Northrup*. — Tableau pour l'éclairage des scènes de théâtre; *H. Bissing*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

7/1. — Accumulateurs; *J. Wade*. — Conduite des chaudières; *A. Mountain*.

14/1. — Essais des câbles télégraphiques; *W. Young*. — Note sur le mouvement d'un corps chargé avec une vitesse égale ou supérieure à celle de la lumière; *O. Heaviside*. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*. Manière d'être de l'argon dans les tubes à rayons X; *H. Callendar* et *R. Evans*. — Télégraphie sans fils; *G. Selby*.

21/1. — Essais (*suite*); *W. Young*. — Problèmes de traction électrique; *C. Child*. — Décomposition électrolytique des chlorures de sodium et de magnésium; *M. Beebe*.

28/1. — Accumulateurs (*suite*); *J. Wade*. — Particularité de la traction mécanique; *P. Dawson*. — Champ magnétique d'un fil placé parallèlement à l'axe d'un cylindre de fer; *G. Searle*. — Problème de traction électrique; *C. Child*.

11/2. — Champ magnétique d'un courant parallèle à l'axe d'un cylindre de fer; *G. Searle*. — Sur les écrans magnétiques; *H. du Bois*. — Étincelles aux balais, leur cause et leurs effets; *T. Reid*. — Notes sur le traitement électrochimique des minerais des métaux précieux; *C. Weber*.

18/2. — Procédé électrolytique Hargreaves-Bird; *J. Kershaw*. — Notes (*fin*); *C. Webber*. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*. — Étincelles des dynamos; *E. Thomas*.

23/2. — Fabrication électrolytique des réflecteurs paraboliques; *S. Cowper Cooles*. — Méthode pour déterminer les pertes par hystérésis dans le fer; *S. Fleming*. — Accumulateurs; *E. Wade*. — Charbons (*suite*); *F. Jehl*.



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTES RENDUS DE L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE. — Rapport de la Commission des Comptes p. 130. — Rapport du Comité d'administration, p. 133.

Résultats des élections, p. 148. — Allocution de M. d'Arsonval, p. 149. — Tableaux financiers, p. 151.

La distribution de l'énergie électrique en Allemagne (M. J. Laffargue), p. 137.

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS, p. 154.

BIBLIOGRAPHIE, p. 156.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 158.

COMPTE RENDU

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE

ET DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 6 avril 1898 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir..

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société et des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Bloch (Emmanuel), Ingénieur principal de la maison Bréguet, 4, rue Bara, à Paris. — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Dabren (Albert-Jean-Louis), Elève à l'École nationale supérieure des Mines, 52, rue de Seine, à Paris. — Présenté par MM. Picou et Cuau.

Dehesdin, Administrateur-directeur de la Société des Établissements Henry Lepaute, 11, rue Desnouettes, à Paris. — Présenté par MM. Sciana et d'Arsonval.

Jénot (Lucien-Gabriel), Ingénieur principal de la maison Bréguet, 18, rue Thibaut, à Paris. — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Lajaunie (Émile-François-Louis-Paul), 32, rue Denfert-Rochereau, à Paris. — Présenté par MM. Janet et F. Laporte.

Waterhouse (A.-J.-E.-E.-Laurence-Maxwell), Electrical Engineer, Lecturer on Electrical Eng. Croydon Polytechn., Consulting Engineer to Duke of Life, 5, Birdlunst Road, Croydon (Angleterre). — Présenté par MM. Lewis et Richard Aylmer.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

RAPPORT DE LA COMMISSION DES COMPTES SUR L'EXERCICE 1897 ⁽¹⁾.

M. BERTHON, *rapporteur*. — « Messieurs, la Commission que vous avez nommée, dans la dernière assemblée générale, a procédé à la vérification des comptes de l'exercice 1897, et nous venons vous soumettre les points principaux qui ont appelé notre attention et qui doivent vous être signalés. Les comptes se subdivisent en trois parties, concernant respectivement les *Services généraux*, le *Laboratoire* et l'*École*; nous allons examiner successivement les chiffres de chacun de ces comptes.

» I. *Services généraux*. — Les *recettes* de l'exercice 1897 se sont élevées à 28 760^{fr},12, en augmentation de 1083^{fr},92 sur celles de l'exercice précédent; les *dépenses* ont été de 24 084^{fr},52; dans ce total est comprise une subvention de 1650^{fr} versée au compte du Laboratoire. Le compte de l'exercice a été débité, en outre, de certaines sommes qui figuraient, l'année dernière, à notre actif et qui ont été reconnues irrécouvrables: 141 cotisations impayées, représentant 2820^{fr}, ont été ainsi annulées, et les 4507^{fr},79, solde de notre créance perdue, ont été passés au compte de profits et pertes,

(1) En l'absence de M. Berthon, empêché, ce Rapport a été présenté par M. Armen-gaud jeune, membre de la Commission des Comptes.

conformément à la demande que nous avons formulée dans notre dernier Rapport.

» Le débit du compte de l'exercice s'est, en conséquence, élevé à la somme de 31 811^{fr}, 31, laissant un solde débiteur de 3051^{fr}, 19. *Notre Avoir* s'en trouve diminué d'autant. Il est, au 31 décembre 1897, de 48 597^{fr}, 83. Dans cette somme, le fonds social est compris pour 32 697^{fr}, 15, représentés par 50 obligations P.-L.-M., 15 obligations Est, 1 obligation Ouest et 32^{fr} de rente 3 pour 100. Ce fonds social a été constitué par 97 libérations de cotisations, une demi-libération, valant ensemble 24 375^{fr} et divers dons s'élevant à la somme de 3955^{fr}, soit au total 28 330^{fr}. Si à la somme de 32 697^{fr}, 15 on ajoute celle de 237^{fr}, 31, qui figure au bilan comme restant encore à placer, soit 32 934^{fr}, 46, on trouve que la valeur des titres affectés au fonds social représente une plus-value de

$$32\,934^{\text{fr}},46 - 28\,330^{\text{fr}} = 4604^{\text{fr}},46.$$

Les prescriptions de l'article 12 des statuts ont été rigoureusement observées. Les fonds disponibles, au 31 décembre 1897, s'élèvent à la somme de 6484^{fr}, 54.

» II. *Laboratoire*. — Les *recettes* directes du Laboratoire, afférentes à l'exercice 1897, se sont élevées à 21 371^{fr}, 70, en augmentation de 1503^{fr}, 17 sur celles de l'exercice précédent. Les *dépenses* ont été de 21 219^{fr}, 54. En outre, nous trouvons au crédit du compte une somme de 6859^{fr}, 17, report de l'exercice précédent. Il résulte de ces chiffres que l'*Avoir* de la Société au titre *Laboratoire* s'est augmenté de 7011^{fr}, 33 et se trouve porté à 315 763^{fr}, 14.

» Les *constructions* du Laboratoire figuraient, au dernier bilan, pour la somme de 215 533^{fr}, 88; leur valeur a augmenté, pendant le cours de cette année, de 92 563^{fr}, 10, tant pour les constructions déjà commencées au 1^{er} janvier, qui ont été soldées pendant l'exercice, que pour les constructions nouvellement entreprises. Elles ont été, d'un autre côté, amorties de 5000^{fr}, comme de coutume. Il résulte de ces chiffres qu'elles figurent, au bilan de 1897, pour la somme de 303 096^{fr}, 98. Sur cette somme, 36 252^{fr} restaient encore dus, au 31 décembre, à divers entrepreneurs.

» Les *instruments et matériel* du Laboratoire figuraient, au dernier bilan, pour la somme de 97 701^{fr}, 79. Ils représentent, en 1897,

108 010^{fr},54, soit une augmentation de 10 308^{fr},75 portant sur 10049^{fr},05 de matériel acquis à l'aide des fonds affectés à l'installation, et 259^{fr},70 de matériel acheté avec les ressources courantes de l'exercice. Sur ces sommes, 3161^{fr},20 restaient encore dus au 31 décembre à divers fournisseurs.

» Le reliquat des fonds spéciaux affectés à l'installation n'est plus que de 23 204^{fr},47, représentés par 670^{fr} de rente 3 pour 100, valant 23 003^{fr},30, et 201^{fr},17 en espèces.

» Les fonds disponibles s'élèvent à 6964^{fr},74, soit 2874^{fr},74 en espèces et 90^{fr} de rente 3 pour 100, valant 3090^{fr}.

» III. *École*. — Le compte de l'École a été, cette année, complètement séparé du compte du Laboratoire. Les *ressources* de l'École ont considérablement augmenté; elles se sont élevées à 50 545^{fr}, tandis qu'elles n'avaient été, l'année dernière, que de 16 727^{fr},50. Les élèves ont payé, comme redevances, 15 855^{fr}, et les souscriptions et dons spécialement destinés à cette Institution ont atteint le chiffre de 34 305^{fr}. Les *dépenses* effectives n'ont été que de 28 291^{fr},81, laissant un solde créditeur de 22 253^{fr},20, qui figurent à l'*Avoir net* de la Société, au titre *École*. Sur cette somme, 14 188^{fr},50 ont été affectés à l'acquisition de *matériel et d'instruments*, dont la plus grande partie, 12 577^{fr},50 étaient payés au 31 décembre, et 1611^{fr} restaient dus à divers fournisseurs.

» Les fonds disponibles à fin d'exercice se composaient de 1786^{fr},20 en espèces et 11 759^{fr} représentés par 385^{fr} de rente 3 $\frac{1}{2}$ pour 100.

» En résumé, l'*Avoir net de la Société des Électriciens* s'élève, au 31 décembre 1897, à la somme de 386 614^{fr},17, en augmentation de 26 213^{fr},34.

» Nous avons constaté la bonne tenue des livres et l'exactitude des comptes. Nous avons reconnu la présence, en portefeuille, de toutes les valeurs mentionnées au bilan. La Commission vous propose, en conséquence, d'approuver les comptes de l'exercice 1897, et d'adresser à M. le Trésorier des remerciements bien mérités. »

M. le PRÉSIDENT met aux voix les conclusions de la Commission des Comptes. L'Assemblée adopte ces conclusions et vote des remerciements au Trésorier.

RAPPORT DU COMITÉ D'ADMINISTRATION.

M. le SECRÉTAIRE GÉNÉRAL. — « Messieurs, au moment où l'exercice en cours touche à sa fin, il est d'usage de jeter un coup d'œil rétrospectif sur le chemin parcouru et d'examiner la situation.

» Nous avons, cette année comme par le passé, obtenu, pour nos réunions mensuelles, le concours de savants et intéressants conférenciers. Qu'il nous soit permis tout d'abord de leur adresser ici nos remerciements.

» Nous avons entendu notre Président sortant M. d'Arsonval nous exposer, dans une conférence magistrale, ses travaux sur l'action physiologique et thérapeutique des courants à haute fréquence. M. F. Lasnier nous a décrit le système de traction électrique des tramways de la Madeleine à Courbevoie. M. Hospitalier a passé, devant nous, une intéressante revue des automobiles électriques. M. Janet nous a donné un rapport sur la décimalisation de l'heure, rapport publié dans notre *Bulletin* sous forme de lettre à M. le Ministre de l'Instruction publique. M. G. Claude nous a exposé de judicieuses observations sur les lampes à arc alternatif. M. R. Arnoux nous a présenté ses nouveaux voltmètres et ampèremètres enregistreurs. M. Perot a décrit et fait fonctionner, devant nous, un nouveau voltmètre électrostatique d'étalonnage qu'il a réalisé en collaboration avec M. Fabry. M. Laporte nous a communiqué une étude intéressante sur les coupe-circuits et fils fusibles.

» M. Abraham, dans sa conférence sur le rhéographe Abraham-Carpentier, nous a donné un savant historique des méthodes employées pour relever les courbes de courant alternatif, et, comme application de son appareil, il a pu projeter devant un auditoire entier les courbes de courant du réseau qui éclairait la salle. M. Loppé a exécuté, devant nous, la projection de photographies d'éclairs très remarquables. M. Janet nous a donné un aperçu des travaux d'atelier des élèves à l'École supérieure d'Électricité. M. Foveau de Courmelles nous a décrit le matériel électrothérapique, tel qu'il l'emploie. M. R. Arno, du Musée industriel de Turin, nous a exposé sa nouvelle méthode de démarrage des moteurs à courants alternatifs simples, qui a donné lieu aux remarques de MM. M. Leblanc et

Korda. M. C.-E. Guillaume a résumé, devant nous, les propriétés nouvelles si intéressantes au point de vue magnétique des aciers au nickel. M. Voisenat nous a donné un historique complet de la télégraphie sans fil accompagné d'expériences. M. Boucherot a fait, dans deux Communications, l'exposé de ses travaux si originaux sur les moteurs à courants polyphasés, les condensateurs industriels et les alternateurs auto-exciteurs. M. Bouchet a présenté ses interrupteurs et coupe-circuits à mercure. Enfin M. Barbarat nous a parlé des câbles concentriques à circulation d'air sec en décrivant la fabrication de ces câbles, leur entretien et leur exploitation courante, telle qu'il l'a inaugurée sur le réseau téléphonique de Paris.

» Outre les Communications techniques faites dans nos séances, notre Bulletin publie, comme vous savez, un compte rendu des travaux et publications et une Table des Mémoires originaux parus dans les périodiques étrangers. Cette partie du Bulletin est entièrement due à la bienveillante collaboration de notre ancien Président M. Potier. C'est aussi sous sa direction immédiate qu'a été publié le Bulletin des mois d'août-septembre qui réunit les règlements administratifs étrangers sur la sécurité des installations d'électricité. Qu'il veuille bien agréer l'expression de notre gratitude pour le concours si actif et si éclairé qu'il ne cesse de nous prêter.

» Des remerciements sont également dus à MM. Gauthier-Villars qui éditent notre Bulletin avec tant de soin et de luxe dans les conditions avantageuses que vous savez.

» Enfin nous n'oublierons pas les nombreux donateurs qui ont fait bénéficier de leur générosité soit la Société, soit le Laboratoire central, soit l'École supérieure d'Électricité. Les dons offerts sont inscrits en tête de nos Bulletins : ils sont nombreux et vous serez de mon avis en souhaitant d'en voir encore augmenter le nombre.

» Soixante-trois membres ont été nouvellement admis au cours de l'exercice. A cet égard, nous ne pouvons que nous féliciter de voir s'accroître le nombre de nos Collègues. Comme vous le savez, toute Société, indépendamment de son autorité technique, puise une grande force dans le nombre de ses membres. Aussi serait-il désirable que chacun de nous, dans son entourage, s'efforçât d'amener de nouvelles adhésions à notre Société.

» Nous avons eu, depuis le mois d'avril dernier, à enregistrer le

décès de nos regrettés Collègues, MM. A. d'Attainville, Bôurut-Duvivier, Ch. de Comberousse, J. Descamps, Camille Dieudonné, D. Gayon, J.-A. Gauthier-Villars, Lagarde, Pellerin de Lastelle, Villanueva.

» Le service des essais du Laboratoire central d'Électricité a pris un développement considérable. Pour vous en convaincre, il me suffira de vous dire que le chiffre des essais qui, en 1896, n'était que de 239, a atteint, en 1897, le total de 529. Le nombre des essais a donc plus que doublé. Parmi ces essais citons 226 étalonnages de voltmètres et d'ampèremètres; 58 essais photométriques ayant porté sur 204 lampes; 66 calibrages de résistance; 45 vérifications de compteurs, etc....

» D'importants essais de réception de matériel électrique ont été confiés au Laboratoire : entre autres, la vérification d'un lot considérable de câbles dans une usine de province, et les essais d'environ 2500 kilowatts de machines dynamos dans un établissement de construction de l'étranger. Ces essais nous sont particulièrement agréables à signaler, puisqu'ils montrent que l'autorité qui s'attache au contrôle du Laboratoire s'étend jusqu'en province, jusque dans les pays étrangers.

» Le service des recherches, créé dans l'exercice précédent, a donné d'intéressants résultats. M. Laporte, chef de ce service, nous a communiqué une étude sur les coupe-circuits et fils fusibles, et nous donnera, dans une prochaine séance, une Communication sur les étalons photométriques usuels.

» L'École supérieure d'Électricité a décerné, à la fin de l'année scolaire 1896-1897, vingt-sept diplômes. Elle a admis, cette année, trente-huit élèves qui suivent actuellement les cours, et qui se décomposent de la manière suivante :

» 1 ancien élève des Écoles d'Arts et Métiers; 2 licenciés ès sciences; 3 élèves étrangers; 4 anciens élèves de l'École Polytechnique; 14 anciens élèves de l'École Centrale et 14 élèves divers.

» Vous savez, Messieurs, que d'importants travaux ont été récemment exécutés à l'École supérieure d'Électricité. Les bâtiments ont été surélevés de deux étages, et cet agrandissement a permis enfin de créer des locaux devenus indispensables.

» La superficie de l'atelier a été triplée et de nouvelles machines-outils y ont été installées. Une nouvelle salle d'essais de machines a été prévue. Elle est destinée uniquement aux essais par les élèves et son aménagement pourra être commencé avec les ressources actuellement disponibles. Enfin on a ménagé une série de salles de mesures, également à l'usage des élèves. Le deuxième étage est entièrement occupé par les salles de travail et d'étude.

» Le corps enseignant, composé du directeur de l'École, des conférenciers et des chefs de travaux, est resté le même que l'année dernière. Vous savez, Messieurs, avec quelle compétence technique et quel dévouement ces professeurs et ces conférenciers remplissent leur tâche. Nous leur envoyons à tous nos plus vifs remerciements.

» L'enseignement reçu à l'École se complète, pour les élèves, par les visites d'ateliers et par un stage dans les stations centrales d'Électricité. Les directeurs des secteurs de Paris ont été unanimes à ouvrir leurs usines à nos élèves. Qu'ils nous permettent de les en remercier ici.

» Vous voyez, Messieurs, ce qui a été fait depuis un an pour notre Laboratoire et pour notre École. Ces résultats, nous les devons à la sage administration de la Commission du Laboratoire et du Conseil supérieur de l'École, si hautement dirigés dans leurs délibérations par leur président, M. Mascart, et si bien secondés par le directeur du Laboratoire et de l'École, M. Paul Janet, dont chacun de nous connaît les incessants efforts et l'habile direction.

» Voilà, Messieurs, le bref résumé de la situation. Les résultats acquis sont excellents. Les œuvres que nous avons créées ont grandi et prospéré, et si nous nous tournons maintenant vers l'avenir, nous pouvons l'envisager avec confiance. »

M. le PRÉSIDENT invite les Sociétaires qui n'ont pas encore voté à déposer leur bulletin dans l'urne.

Le vote étant clos, il est procédé à la constitution des bureaux de scrutin.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ALLEMAGNE.

M. J. LAFFARGUE. — « Au mois de janvier dernier, j'ai eu la bonne fortune d'accompagner, dans une mission en Allemagne, M. Ch. Bos, Conseiller municipal de Paris, rapporteur de diverses questions électriques. Nous avons eu l'occasion de visiter un grand nombre de distributions d'énergie électrique dans des villes diverses, et je vous demande la permission de vous faire part ce soir de quelques-unes de nos observations.

» I. GÉNÉRALITÉS. — On trouve en Allemagne de très nombreuses et grandes installations pour la distribution de l'énergie électrique et pour la traction. Parfois ces deux installations sont réunies et une seule station centrale effectue les deux distributions.

» Pour fixer les idées, nous nous appuierons sur les statistiques établies en mars 1897. Il y avait à cette époque :

	Stations.	Puissance totale. kilowatts.
Courants continus.....	204	54273
» alternatifs	26	11269
» polyphasés	16	7685
» polyphasés et continus.....	14	4366
» alternatifs et continus.....	5	607
Au total.....	265	67900

» Parmi ces 265 stations, on en comptait 133 d'une puissance inférieure à 100 kilowatts, 92 à 500 kilowatts, 13 à 1000 kilowatts, 12 à 2000 kilowatts, 9 au delà et 6 dont la puissance n'était pas indiquée.

» Mais cette statistique remonte au mois de mars 1897; nous avons pu voir qu'en de nombreux endroits il y a eu de grands agrandissements.

» En ce qui concerne la traction, il y avait, au 1^{er} septembre 1897, 56 villes pourvues d'un réseau de tramways électriques, d'une longueur totale de 957^{km} et mettant en jeu une puissance de 21485 kilowatts.

» *Usines de distribution.* — Les usines sont **grandes**, spacieuses, bien aménagées, très propres. Elles sont situées le plus souvent près des gares, sur le bord des fleuves; des voies de garage ont été ménagées, et le charbon arrive facilement. Les salles de chaudières sont hautes et bien ventilées. Les salles de machines sont grandes et disposées pour de nouveaux agrandissements. Elles permettent de circuler librement. Tous les outils sont rangés soigneusement. Le tableau de distribution est toujours bien en vue, avec tous les fils d'arrivée et de départ distincts, ainsi que les appareils de réglage.

» *Canalisations dans les rues.* — Les canalisations pour distribution consistent toutes en des câbles sous plomb et armés, Siemens et Halske, ou Felten et Guillaume, placés directement en terre. Sous les trottoirs ces câbles sont placés directement dans le sable; sous les rues, ils sont protégés par des tuyaux en fer ou par des caisses en fer spéciales.

» Le plus grand nombre des canalisations pour traction sont aériennes, avec trolley; on remarque principalement les croisements de fils aux intersections des rues.

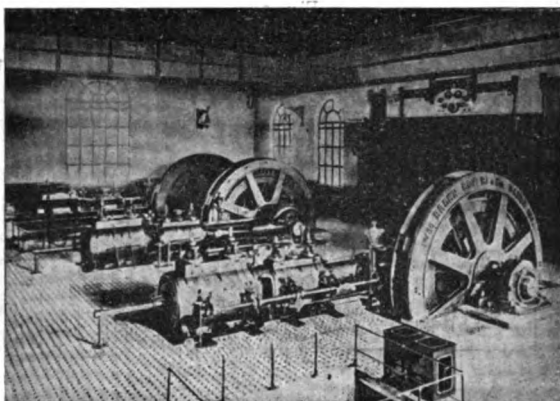
» *Installations intérieures.* — Malgré tous les règlements très sévères, les installations intérieures laissent beaucoup à désirer. On trouve beaucoup de fils posés directement contre les murs et maintenus par de simples crochets. Il y a peu de moulures en bois, mais beaucoup de fils sur isolateurs. L'appareillage est souvent défectueux, avec des couvercles métalliques tenant à peine. On voit enfin beaucoup d'installations mixtes à gaz et à électricité sans aucune précaution.

» II. STATIONS CENTRALES. — Nous allons passer en revue quelques stations centrales, en donnant sur chacune d'elles divers détails et renseignements.

» La ville de Francfort possède depuis deux ans une station centrale municipale (*fig. 1*), établie par la Société Brown et Boveri, de Baden, et exploitée en régie par la même Société. Cette usine est située sur les bords du Main, dans un grand terrain. La salle des machines renferme quatre machines à vapeur horizontales compound de 750 chevaux, entraînant à 70 tours par minute quatre alternateurs

de 500 kilowatts à 3000 volts avec les machines excitatrices. On termine actuellement l'installation d'une cinquième machine de 1500 chevaux. Les alternateurs sont couplés en parallèle suivant les besoins du service. La canalisation est faite en câbles concentriques Felten et Guillaume.

Fig. 1.



Station centrale de Francfort.

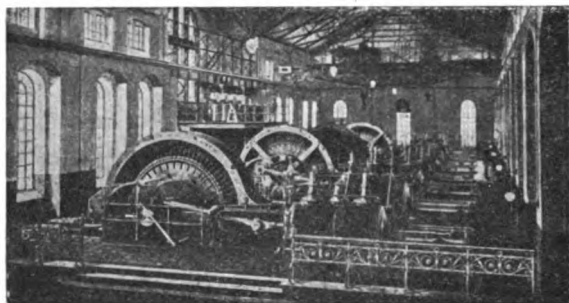
Cette station dessert 40825 lampes à incandescence, 624 lampes à arc, 100 lampes à arc et 800 à incandescence pour l'éclairage public, ainsi que 133 moteurs d'une puissance totale de 1063 chevaux.

» Des essais de traction par accumulateurs ont été entrepris à Francfort par la fabrique d'accumulateurs Pollak. Quelques voitures effectuent le service sur une longueur de 1^{km},5 devant la gare. Les accumulateurs sont placés sous les banquettes, et la voiture est actionnée par un moteur de 15 chevaux. La charge des éléments se fait à différence de potentiel constante au point d'arrivée. La voiture glisse sous des taquets qui établissent automatiquement les communications avec des câbles venant de la fabrique. Ces deux câbles sont reliés aux bornes d'une machine dynamo à courants continus qui est actionnée par un moteur à courants alternatifs branché sur le réseau de distribution. La durée de charge est de quatre minutes. A Francfort, nous devons encore mentionner les usines de l'ancienne maison Lahmeyer et de la maison Hartmann et Braun.

» La distribution est effectuée à Cologne par une station centrale

municipale à 2000 volts à courants alternatifs. L'usine est magnifique et fort bien disposée (*fig. 2*). Elle renferme quatre machines Sulzer compound horizontales de 650 chevaux à 85 tours par minute, commandant directement quatre alternateurs Helios de 450 kilowatts, et les machines excitatrices donnant 110 volts et 300 ampères.

Fig. 2.



Station centrale de Cologne.

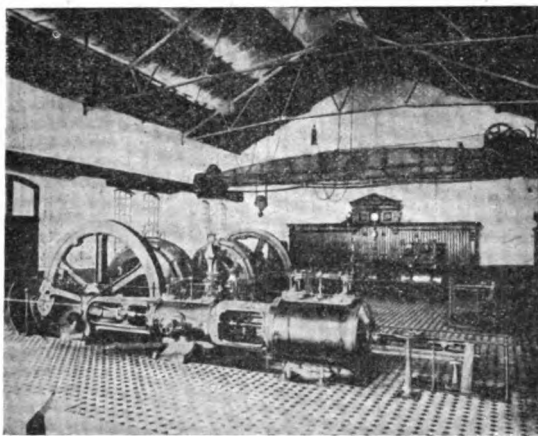
Le couplage des alternateurs se fait en parallèle avec des résistances. Le tableau de distribution comporte des panneaux pour chaque machine et en avant un appareil spécial où sont réunis plusieurs leviers de manœuvre. Ces leviers actionnent des chaînes qui font manœuvrer au-dessous les interrupteurs ou les coupe-circuits. Parmi ces leviers, l'un d'eux ferme le circuit d'excitation, un second le circuit d'excitation de l'excitatrice, l'autre le circuit des inducteurs de l'alternateur; un quatrième sert à mettre l'alternateur sur le circuit ou sur les résistances et le cinquième à régler l'ensemble. L'éclairage public et les applications des moteurs électriques sont encore peu développés; on ne compte que 30 lampes à arc dans les rues et 35 moteurs électriques.

» A Düsseldorf, l'énergie électrique est produite par une station centrale municipale (*fig. 3*), située en dehors de la ville à 3^{km} environ, et transmise à trois sous-stations d'accumulateurs intérieures. La station centrale renferme deux machines à vapeur horizontales compound de 300 chevaux, qui actionnent directement chacune une dynamo Schuckert de 250 kilowatts à 400 volts, et une machine à vapeur compound de 400 chevaux qui commande directement deux dynamos Schuckert de 150 kilowatts à 400 volts. Du tableau

de distribution de l'usine partent pour chaque sous-station des câbles Felten et Guillaume, posés directement en terre.

» Chaque sous-station renferme une ou plusieurs batteries de 140 accumulateurs en tension. Les éléments sont chargés à 300 volts et se déchargent sur un réseau à trois fils. Il y a un tableau spécial où sont réunis les appareils réducteurs de charge et de décharge. Dans le dernier exercice, le rendement total en énergie des accumulateurs a atteint 75,5 pour 100.

Fig. 3.



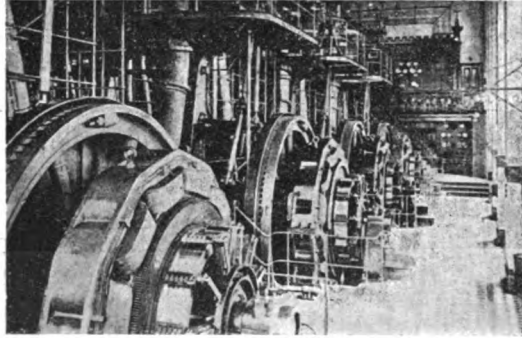
Station centrale de Düsseldorf.

» Des essais de traction à trolley aérien sont également poursuivis en ce moment à Düsseldorf.

» A Hambourg, il y avait, dès 1888, une usine à l'intérieur de la ville, l'usine de la Poststrasse (*fig. 4*). Cette usine subsiste encore et dessert un quartier. Elle comprend cinq machines verticales compound de 500 chevaux à 120 tours par minute, et cinq dynamos Schuckert de 400 kilowatts à 250 volts. En dehors de la ville, se trouve aujourd'hui l'usine de la Carolinenstrasse, qui fournit l'énergie électrique du réseau de tramways et qui alimente également trois sous-stations d'accumulateurs placées en ville. La salle des chaudières, qui mesure 25^m de longueur sur 19^m de large, renferme seize chaudières de 250^{m²} de surface de chauffe. La salle des machines a une largeur de 17^m sur une longueur de 50^m; elle contient six machines verticales à triple expansion de 1200 chevaux à

100 tours par minute, deux commandant chacune directement deux dynamos Schuckert de 500 kilowatts à 300 volts; trois commandant

Fig. 4.



Station centrale de Hambourg.

chacune deux dynamos semblables de même puissance à 600 volts, et une actionnant une dynamo de 1000 kilowatts à 600 volts. Le ta-

Fig. 5.

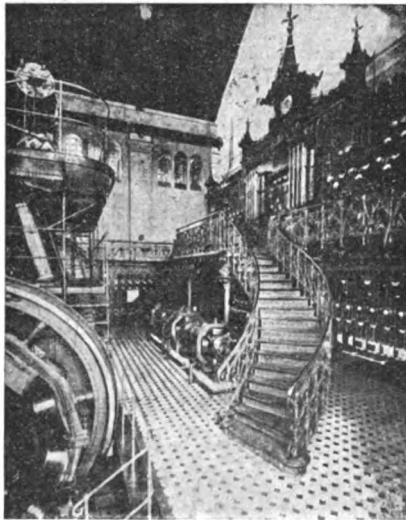


Tableau de distribution de Hambourg.

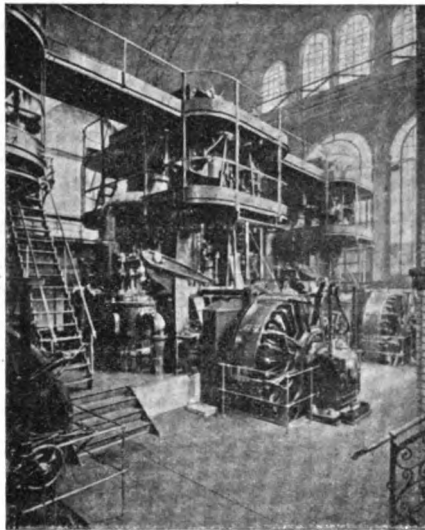
bleau de distribution est placé au fond et occupe toute la largeur. Au centre arrivent toutes les machines pour tous couplages; à gauche et à droite se font les départs pour la traction électrique et pour les

sous-stations. Les canalisations sont établies en câbles Felten et Guillaume (*fig. 5*).

» La traction électrique est très développée à Hambourg; elle dépense une puissance de 3000 kilowatts; les tramways circulent sur une longueur de voies de 208^{km}. Il faut ajouter qu'à Hambourg une distribution d'énergie électrique est faite dans le port, pour la manœuvre d'engins de toutes sortes.

» La distribution de l'énergie électrique a commencé à Berlin en 1885, avec la Société *Berliner Elektrizitätswerke*. La distribution est à trois fils, à 220 volts. Il y a aujourd'hui quatre usines centrales et une sous-station. Le réseau de distribution est alimenté par ces quatre usines. La station de Markgrafenstrasse renferme six machines de 300 chevaux compound à condensation à 82 tours par minute, actionnant des dynamos à pôles intérieurs (*fig. 6*). Il y a

Fig. 6.

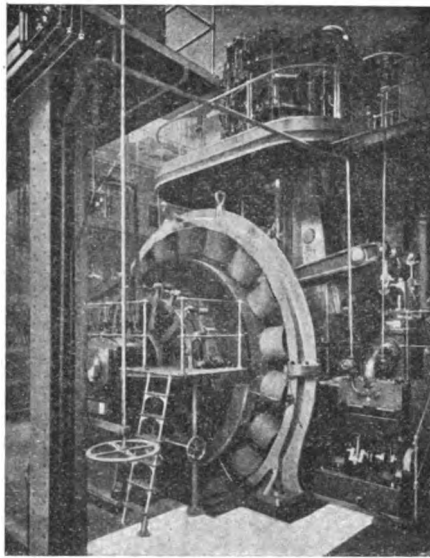


Berlin. — Station de Mauerstrasse.

également trois transformateurs rotatifs à courants triphasés de 400 kilowatts; les primaires sont des moteurs à 3000 volts alimentés par des courants triphasés venant de l'usine de Schiffbauerdamm. Les circuits secondaires sont des machines dynamos à courants continus à 250 volts, couplées en quantité avec les autres circuits de distribution.

» L'usine de Mauerstrasse est divisée en deux parties bien distinctes; nous trouvons au total deux machines à vapeur de 300 chevaux, quatre machines de 1000 chevaux et deux de 1500 chevaux, actionnant deux dynamos à pôles intérieurs de 238 kilowatts à 140 volts, quatre dynamos à pôles intérieurs de 364 kilowatts à 140 volts, et quatre nouvelles dynamos à pôles extérieurs de 650 kilowatts à 250 volts (*fig. 7*). Il y a encore, dans cette usine, des survolteurs pour la charge des accumulateurs de la sous-station Königin-Augustastrasse.

Fig. 7.



Nouvelles dynamos. — Usine de Mauerstrasse.

» Dans l'usine de la Spandauerstrasse sont installées trois machines de 1000 chevaux et quatre machines de 1500 chevaux, avec six dynamos à pôles intérieurs de 364 kilowatts, et huit dynamos de 650 kilowatts. On agrandit encore cette usine.

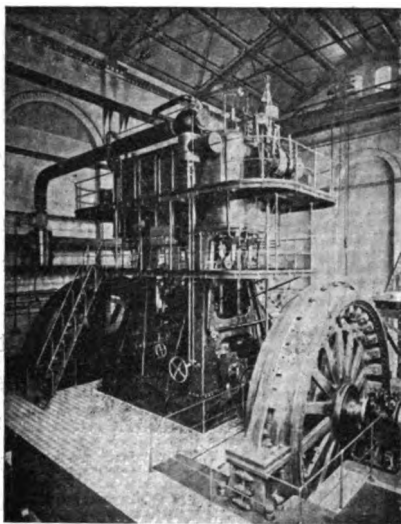
» Dans la station de Schiffbauerdamm, nous trouvons trois machines à vapeur de 1000 chevaux, et deux de 1500 chevaux, avec six dynamos de 364 kilowatts et deux alternateurs à courants triphasés (*fig. 8*).

» La sous-station Augustastrasse renferme deux batteries de 138 accumulateurs, d'une capacité de 12000 ampères-heure, pour desservir environ 6000 lampes dans le quartier de Thiergarten.

» Dans Berlin, toutes les canalisations sont faites en câbles sous plomb et armés, posés directement en terre.

» On comptait, à la fin de l'exercice 1896-1897, 196 076 lampes à incandescence, 9173 lampes à arc, 357 appareils divers et 2056 moteurs d'une puissance totale de 7475 chevaux. On remarquera surtout ce dernier chiffre, qui prouve que l'emploi des moteurs électriques est très répandu à Berlin.

Fig. 8



Alternateur triphasé de l'usine de Schiffbauerdamm.

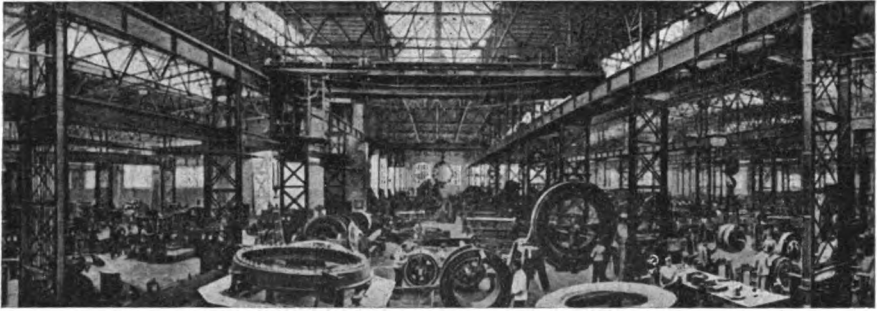
» Nous ne pouvons que dire ici quelques mots d'une installation en cours d'exécution à Oberspree. Cette installation, d'une puissance qui atteindra au moins 50 000 chevaux, est destinée à fournir l'énergie électrique aux environs de Berlin.

» Des essais importants de traction électrique à trolleys aériens et souterrains ont été faits à Berlin sur les lignes de Behrenstrasse à Treptow, et de Treptow à Dönhofsplatz; le courant était fourni par l'usine de Mauerstrasse. On a également commencé des essais avec voitures à accumulateurs de Berlin à Charlottenbourg. Un traité vient d'être passé entre la Compagnie des tramways et la Société des Usines de Berlin; des usines spéciales de 15 000 chevaux vont être élevées pour assurer le nouveau service.

» En parlant de Berlin, on ne peut omettre de mentionner les

grands ateliers de construction de l'*Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft* et de la maison *Siemens et Halske* (fig. 9).

Fig. 9.



Ateliers de l'*Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft*.

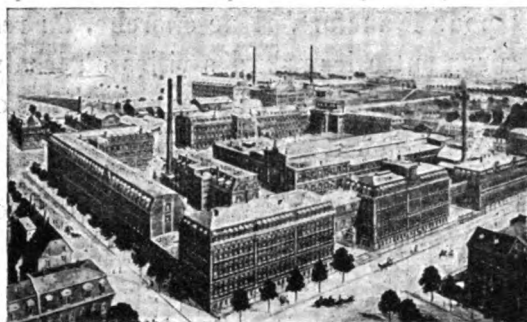
» La ville de Leipzig possède une station centrale qui renferme quatre machines à vapeur de 500 chevaux actionnant trois alternateurs à courants triphasés Siemens à 3000 volts, et deux dynamos à courants continus de 450 kilowatts. L'énergie est distribuée à courants continus dans les quartiers environnant l'usine, puis elle est transmise par courants triphasés à un transformateur rotatif Siemens installé dans une sous-station en ville. La dynamo, actionnée par le transformateur, est de 350 kilowatts à 250 volts. Dans la sous-station se trouvent également trois survolteurs pour la charge d'accumulateurs Tudor. La traction électrique est assurée à Leipzig par deux Sociétés spéciales, l'une disposant de 80 voitures et l'autre de 185; le trolley aérien est employé par les deux Compagnies.

» A Munich, la station centrale municipale ne fournit l'énergie électrique que pour l'éclairage public, environ 850 lampes à arc, et pour des essais de traction. L'usine de Muffatwerk renferme actuellement une turbine de 200 chevaux, deux machines de 350 chevaux, une de 700 chevaux et une autre de 1000 chevaux. Des projets, comportant l'installation de trois stations centrales à courants triphasés avec sous-stations, doivent être mis à exécution dans le courant de l'année 1899, comme a bien voulu nous l'expliquer M. F. Uppenborn, l'Ingénieur en chef de la ville de Munich.

» A Nuremberg, il y a également une station centrale pour la distribution de l'énergie électrique par courants alternatifs; et une

installation de traction électrique. Nous voulons mentionner tout particulièrement les usines de construction de l'*Elektricitäts-Aktiengesellschaft* (fig. 10), qui occupent un centre important et prennent chaque jour un développement de plus en plus considérable.

Fig. 10.



Ateliers de l'*Elektricitäts Aktiengesellschaft*.

» A Strasbourg, la station centrale, qui alimente à la fois le réseau de distribution et le réseau de traction, renferme cinq machines à vapeur compound de la Société alsacienne : deux de 200 chevaux, actionnant chacune un alternateur à courants triphasés de 80 kilowatts et une dynamo à courants continus de 125 kilowatts à 500 volts, et trois machines de 300 chevaux actionnant chacune un alternateur à courants triphasés de 280 kilowatts.

» III. PRIX DE VENTE ET DE REVIENT. — Les prix de vente de l'énergie électrique varient de 0^{fr},08 à 0^{fr},10 l'hectowatt-heure pour l'éclairage, et de 0^{fr},02 à 0^{fr},025 pour la force motrice. Le prix de revient du kilowatt-heure est de 0^{fr},305 à Francfort, intérêts et amortissement compris, et de 0^{fr},192 et 0^{fr},126 à Cologne et à Düsseldorf, intérêts et amortissement non compris.

» IV. ÉTAT STATISTIQUE. — Au mois de mars 1897, on comptait en Allemagne 1025785 lampes à incandescence de 50 watts, 25024 lampes à arc de 10 ampères et une puissance de 21800 chevaux pour les moteurs. »

M. R.-V. PICOU demande à M. J. Laffargue si les prix de revient comportent les dépenses d'intérêt et d'amortissement. Il ne faudrait pas, en effet, établir de comparaison entre les prix de revient pour des installations dont les durées de concession sont des plus variables.

M. J. LAFFARGUE répond que ces dépenses sont comprises dans les chiffres donnés pour Francfort. Il ne cherche, du reste, à établir aucune comparaison entre les prix des villes où les durées de concession atteignent quarante ans et les prix des villes où ces durées ne dépassent pas vingt ans.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Laffargue d'avoir bien voulu communiquer ces intéressants résultats à la Société.

Le dépouillement du scrutin étant terminé, M. le PRÉSIDENT proclame les résultats suivants :

Suffrages exprimés..... 216
Majorité..... 109

PRÉSIDENT :

Pour l'exercice 1899-1900.

MM.	Nombre de voix obtenues.
VIOLE (J.), Membre de l'Institut.....	216

VICE-PRÉSIDENTS :

CLÉRAC (H.), Directeur-Ingénieur des Télégraphes.....	215
MONNIER (D.), Professeur d'électricité industrielle à l'École centrale des Arts et Manufactures.....	215

SECRÉTAIRES :

ABRAHAM (H.), Professeur au Lycée Louis-le-Grand.....	211
GROSSELIN (M.), Ingénieur civil des Mines.....	215

TRÉSORIER :

VIOLET (L.), Ingénieur, Directeur des ateliers J. Carpentier.....	214
---	-----

MEMBRES :

Pour trois ans.

BLONDEL (A.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service central des Phares.....	216
--	-----

MM.	Nombre de voix obtenues.
BLONDIN (J.), Directeur scientifique du journal <i>l'Éclairage électrique</i>	216
BOUCHEROT (P.), Ingénieur conseil	216
DESROZIERS (E.), Ingénieur électricien	214
EBEL (G.), Directeur de la <i>C^{te} d'Éclairage électrique du secteur des Champs-Élysées</i>	214
GAIFFE (G.), Ingénieur électricien	214
GAUTHIER-VILLARS (Albert), Imprimeur-éditeur.....	215
GUILLAUME (Ch.-Ed.), attaché au Bureau des Poids et Mesures....	216
KREBS (Commandant).....	215
LAPORTE (Frédéric), Chef de Travaux au Laboratoire central d'Électricité	214
MARGAINE (G.), Directeur de la <i>C^{te} des accumulateurs Blôt</i>	215
POINCARÉ (L.), chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris.	216
RADIGUET, Constructeur-électricien.....	214
ROMILLY (de), ancien Président de la <i>Société française de Physique</i> .	216
SAUTTER (G.), Ingénieur-constructeur.....	215
VOISENAT (J.), Ingénieur des Télégraphes.....	214

Pour deux ans.

CHAUMAT (H.), Chef de Travaux à l'École supérieure d'Électricité..	212
LARNAUDE (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de lampes à incandescence.	213

COMMISSION DES COMPTES :

ARMENGAUD jeune, Ingénieur civil.....	215
BERTHON (A.), Administrateur de la <i>Société industrielle des Téléphones</i>	215
MASSON (G.), Éditeur.....	216

M. D'ARSONVAL, *Président sortant*. — « Nous voilà arrivés, Messieurs, à l'expiration du mandat que vous m'avez confié. Laissez-moi vous répéter, en quittant ce fauteuil, combien je vous suis reconnaissant de l'honneur que vous m'avez fait. Je n'emporte qu'un regret, c'est que nos statuts fassent si court le temps que l'on passe à votre tête. Ce regret m'est en même temps une excuse, mais une excuse toute personnelle, puisque mes prédécesseurs ont trouvé ce temps suffisamment long pour faire de grandes choses. J'espère néanmoins, et vous venez d'en avoir la preuve, que la Société n'aura

pas trop souffert de cet interrègne. Elle avait reçu de mon prédécesseur immédiat, M. Sciama, un tel élan que j'ai bénéficié de la vitesse acquise, et si un ralentissement venait à se faire sentir, mon successeur, M. Picou, saura bien vite donner une impulsion largement compensatrice. Notre Société est d'ailleurs très prospère. Vous avez un laboratoire et une école d'Électricité qui n'autorisent plus les pessimistes à envier l'étranger. Vous savez tous à qui nous en sommes redevables et, pour faire l'éloge de M. Mascart et de ses dévoués collaborateurs, je me bornerai à dire qu'ils ont continué l'œuvre si bien commencée.

» Les journaux vous ont appris en détail quel éclat avait eu la manifestation organisée à Bruxelles, en l'honneur de M. Gramme. M. le bourgmestre de Bruxelles, à deux reprises, a exprimé la reconnaissance de la Belgique envers la seconde patrie de l'inventeur de la dynamo industrielle. Au nom de votre Société, votre Président a salué M. Gramme et il s'est fait certainement l'interprète de tous en unissant, dans un toast commun, les noms de Gramme et d'Hippolyte Fontaine qui doivent rester inséparables dans le triomphe comme ils le furent dans la lutte. Je suis heureux, en terminant, de remercier notre Collègue, M. E. Sartiaux, pour l'élégance et le confort des wagons mis par ses soins à la disposition des délégués français.

» Je prie M. Picou de vouloir bien prendre le fauteuil de la Présidence. »

M. R.-V. Picou, *Président entrant*. — « Conformément à la tradition, j'userai des prérogatives que vous avez bien voulu me conférer pour ne pas prolonger cette séance par mes remerciements et pour clore celle-ci. »

La séance est levée à 10^h du soir.

SITUATION FINANCIÈRE.

COMPTES DE L'EXERCICE 1897.

CRÉDIT.

DÉBIT.

I. — Services généraux.

Cotisations	fr 19840,00	Cotisations irrécouvrables	fr 2820,00
Placement de cotisations libérées	962,75	Bulletin	12331,62
Intérêts des fonds placés	1212,76	Frais d'administration	1369,50
Produits du Bulletin	5469,75	Installation des bureaux	662,00
Dons d'Ouvrages divers	399,00	Personnel	6108,20
Divers	875,86	Frais de réunions	1206,45
Solde débiteur	3051,19	Frais de correspondance	756,75
	31811,31	Subvention au Laboratoire	1650,00
		Amortissement :	
		Bibliothèque	399,00
		Créance (solde)	4507,79
			fr 31811,31

II. — Laboratoire.

Report de l'exercice précédent	fr 6859,17	Frais d'opérations et essais taxés	fr 3235,45
Subvention de la Société	1650,00	Personnel	13389,10
Arrérages de la rente	7903,00	Frais d'administration	2438,90
Redevances pour essais	7210,45	Loyer, impôts, assurances	131,35
Redevances des élèves et tiers	1994,50	Entretien des bâtiments	146,90
Intérêts des fonds placés	2113,75	Entretien des machines et appareils	1069,64
Don de MM. Mildé et C ^e	500,00	Expériences et recherches	685,70
Dons divers :		Divers	122,50
Bibliothèque	46,50	Amortissement :	
Matériel	180,00	Bibliothèque	46,50
Amortissement :		Matériel	180,00
Ministère du Commerce	5000,00	Constructions	5000,00
	33457,37	Solde créditeur	7011,33
			fr 33457,87

III. — École.

Redevances des élèves	fr 15855,00	Personnel	fr 18267,90
Souscriptions	28750,00	Travaux des élèves	3478,75
Intérêts des fonds placés	385,00	Frais d'administration	2939,80
Don d'un anonyme	3000,00	Entretien des bâtiments	358,35
Dons divers	2555,00	Entretien du matériel	408,25
	50545,00	Impôts et assurances	283,75
		Amortissement :	
		Instruments et matériel	2555,00
		Solde créditeur	22253,20
			fr 50545,00
	115813,68		115813,68

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1897.

ACTIF.

I. — Services généraux.

Fonds social (valeur au 31 décembre 1897) :	
50 obl. P.-L.-M. fusion.	23969,50 ^{fr}
15 obl. Est 3 %/o.....	7155,00
1 obl. Ouest algérien .	474,00
32 ^{fr} de rente 3 %/o.....	1098,65
Fonds disponibles (valeur au 31 décembre 1897) :	
185 ^{fr} de rente 3 %/o....	6350,85
Caisse	133,69
Cotisations à toucher	4600,00
Coupons échus.....	59,60
Bibliothèque.....	8008,10
Matériel et mobilier.....	2088,45
	53937,84 ^{fr}

PASSIF.

Solde des frais de publication du Bulletin..	3790,45 ^{fr}	
» des frais d'administration.....	160,35	
Compte d'ordre.....	871,90	
Recettes anticipées :		
Cotisations libérées...	237,31	
Id. 1898.....	280,00	5340,01 ^{fr}

II. — Laboratoire.

Constructions.....	303096,98 ^{fr}	
Bibliothèque.....	1629,35	
Instruments et matériel..	108010,54	
Caisse et banquiers	2874,74	
Débiteurs divers	588,50	
Fonds disponibles (valeur au 31 décembre 1897) :		
90 ^{fr} de rente 3 %/o.....	3090,00	
Sommes affectées à l'installation (valeur au 31 décembre 1897)....	23204,47	442491,58 ^{fr}

Ministère du Commerce..	80000,00 ^{fr}	
Ville de Paris.....	5000,00	
Dépenses pour constructions non encore soldées.....	36252,00	
Créditeurs divers	3982,84	
Compte d'ordre.....	1496,60	126731,44 ^{fr}

III. — École.

Instruments et matériel..	14188,50 ^{fr}	
Caisse et banquier	1786,20	
Placement de souscriptions (valeur au 31 décembre 1897) :		
385 ^{fr} de rente 3 1/2 %/o.	11759,00	
Élèves débiteurs.....	3350,00	
Outils pour élèves....	108,50	
Souscriptions à toucher..	1000,00	32192,20 ^{fr}

Créditeurs divers	3222,90 ^{fr}	
Compte d'ordre.....	141,10	
Recettes anticipées :		
Souscriptions 1898....	1000,00	
Redevances des élèves...	5575,00	9939,00 ^{fr}

AVOIR net au 31 décembre :

Société.....	48597,83 ^{fr}	
Laboratoire.....	315763,14	
École.....	22253,20	386614,17 ^{fr}
		528624,62

528624,62

142010,45

SITUATION DES FONDS AFFECTÉS A L'INSTALLATION DU LABORATOIRE

au 31 décembre 1897.

RECETTES.		DÉPENSES.	
Don de MM. Gramme et Fontaine...	10000,00 ^{fr}	Reliquats remis au Laboratoire.....	280,70 ^{fr}
» du Congrès des Électriciens....	5067,80	Constructions et installation.....	271844,98
» de la Classe 62	10778,40	Instruments et matériel.....	46131,80
» du Syndicat des Électriciens...	4249,20	Bibliothèque.....	985,70
» de M. Delaunay-Belleville.....	5000,00		
» de MM. Mildé et C ^{ie}	500,00		
Souscriptions et intérêts.....	101095,65		
Aliénation d'une partie de la rente ..	100000,00		
Legs Giffard.....	100000,00		
Bénéfice sur vente de valeurs	1969,05		
Versement du Laboratoire pour ap- point du placement des 100 000 ^{fr} de l'aliénation de rente	162,35		<u>319243,18</u>
Boni sur valeurs en garde au Crédit lyonnais (différence entre le cours d'achat et le cours du 31 décem- bre 1897).....	3625,20	Reliquat en dépôt au Crédit lyonnais, représenté par 670 ^{fr} de rente 3 %/o....	23003,30 ^{fr}
	<u>342447,65</u>	Espèces.....	201,17
			<u>23204,47</u>
			<u>342447,65</u>

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS.

I. Inflammabilité du grisou. — MM. Heise et Thiem ont fait des recherches méthodiques sur l'inflammation des mélanges explosifs de grisou et d'air, et conclu que l'on pouvait sans danger briser dans ces mélanges une lampe consommant moins de 0,6 ampère, quel que soit son voltage; au delà, la rupture de l'enveloppe détermine une explosion.

(*Elektrotechnische Zeitschrift*; 6 janvier 1898.)

I. Arc voltaïque. — M. Steinmetz a étudié l'arc à haute tension, produit entre deux sphères de laiton de 12^{mm} de diamètre, à la distance de 35^{cm} ou 37^{cm}, 5; la tension obtenue par quatre transformateurs en série s'élevait à 150000 volts, et la puissance disponible à 35 kilowatts. Les arcs ont été photographiés (ces photographies sont reproduites dans l'*Electrical World*). De la discussion des clichés résulte que la décharge est toujours oscillante et débute par un certain nombre d'étincelles, une seule étincelle étant insuffisante pour détruire la rigidité électrostatique de l'air. L'arc qui succède à ces étincelles est animé de mouvements tourbillonnaires très curieux. Dans les mêmes conditions de distance, mais avec une fréquence de 150000 et une puissance disponible beaucoup plus faible, on n'obtient que des étincelles sans arc.

D'un autre côté, la Compagnie du Niagara a fait construire, pour les essais de matières isolantes, un transformateur de 30 kilowatts à 100000 volts. En associant en série deux de ces transformateurs, on a pu étudier la distance explosive dans l'air jusqu'à 200000 volts (correspondant à 55^{cm}). Au-dessus de 75000 volts, la distance explosive paraît être la même entre deux sphères ou entre deux pointes; comme M. Steinmetz, M. Skinner a observé des étincelles pendant plusieurs secondes avant l'établissement de l'arc; lorsqu'une très grande résistance (1,3 mégohm) était mise en circuit avec l'arc, le courant, réduit à 0,075 ampère, pouvait être maintenu indéfiniment, l'arc ayant la forme d'un long cylindre de 12^{mm} de diamètre, mais on ne pouvait l'allonger en écartant les boules au delà de la distance explosive.

(*Electrical World*, 5 mars 1898.)

I. Un arc (courant continu) entre charbon et aluminium demande la même différence de potentiel qu'entre deux charbons, si le courant va du charbon à l'aluminium; elle est beaucoup moindre dans la direction opposée; une boussole des tangentes, intercalée dans un courant alternatif alimentant un arc aluminium-charbon, indique un courant prédominant dans la direc-

tion Al-C; l'excès atteindrait 6 pour 100. M. von Lang, à qui sont dues ces observations, observe que ce résultat est de sens opposé à ce que donnent les électrodes Al et C dans un électrolyte; mais il est d'accord avec les expériences de Sahulka sur l'arc fer-charbon.

(*Zeitschrift für Elektrotechnik*; 20 février 1898.)

1. Au moyen d'un commutateur Planté, qui permet de charger en parallèle, et de décharger en série soixante condensateurs plans en verre de 37^{cm}, 5 × 45^{cm}, et d'une batterie de 10000 petits accumulateurs, M. Trowbridge réalise des différences de potentiel qu'il évalue à 1200000 volts, produisant des étincelles de 1^m, 25, et il estime qu'à partir de 2^{cm} la distance explosive est proportionnelle à cette différence (soit 10000 volts par centimètre); aucun vide n'est assez parfait pour s'opposer à ces décharges, qui produisent abondamment les rayons Röntgen. L'aigrette positive a plus de 30^{cm} de long. (*Electrical Review*; 4 février 1898.)

(*Electrical Review*; 4 février 1898.)

XII. Accidents mortels. — Dans une fabrique de produits chimiques, montée à 230 volts en système triphasé, quatre accidents, suivis de mort, se sont produits successivement. L'installation avait été bien faite, et les essais avaient montré un haut isolement. Un homme a été tué pendant que, pieds nus, il tournait une manivelle pour relever une lampe à arc; une des bornes de celle-ci vint en contact avec la poulie. Un autre a été tué en prenant à la main un fil; dans un troisième cas, l'extrémité d'un fil conducteur était en contact avec le tuyau qui devait le protéger, et le contact avec le tuyau a causé mort d'homme; enfin, un quatrième accident paraît avoir été causé par un défaut d'appareillage.

(*Elektrotechnische Zeitschrift*; 31 décembre 1897.)

Un accident d'un autre genre a eu lieu à Chicago, où un ouvrier, occupé à l'intérieur d'un réservoir, qu'il était en train de vernir, a brisé une lampe à incandescence qu'il tenait à la main, et les vapeurs alcooliques ont déterminé une explosion qui l'a tué et blessé deux hommes.

(*Electrical Review*, 12 janvier.)

XII. De nouvelles expériences sur des chiens et des lapins, des professeurs Olivier et Bolan, ont confirmé les idées actuellement régnantes sur les causes de la mort par les courants. Le cœur s'arrête, tandis que la respiration continue encore pendant deux minutes, et l'animal tombe avec un cri particulier. Le seul moyen de sauver l'animal est la respiration artificielle, prolongée vingt ou trente minutes, pour laisser au cœur, ou aux centres nerveux qui règlent ses mouvements, le temps de se remettre.

(*British Medical Journal*; 15 janvier 1898.)

BIBLIOGRAPHIE.

Distribution de l'Électricité par installations isolées, par M. R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures. 2^e édition. Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Dans cet Aide-Mémoire, l'Auteur indique les modes de calcul et les procédés à employer pour la distribution de l'électricité d'une source entre les divers organes d'utilisation faisant partie d'une même installation. La détermination des dimensions d'un conducteur, tirée tant des conditions de la perte de charge à laquelle il donne lieu que de la dissipation de la chaleur qui s'y développe, forme l'objet des premiers Chapitres. On y trouve condensés les renseignements d'expériences les plus récentes sur la question d'échauffement, qui joue un rôle important dans toutes les applications.

L'Auteur indique ensuite les lois relatives aux conditions de maximum d'économie, lois connues sous le nom de Sir W. Thomson. Enfin, les terres et leur mesure, les coupe-circuits et les courants critiques de leurs fils fusibles, etc., font l'objet de développements étendus. De nombreux Tableaux numériques complètent cet Aide-Mémoire et contribuent à lui donner le caractère pratique et utilitaire qui doit être la qualité dominante d'une publication de ce genre.

Accumulateurs électriques, par M. LOPPÉ. Petit in-8.
(*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Ce Volume est un développement de Conférences faites par l'Auteur à l'École d'application du Laboratoire central d'Électricité.

Dans son Ouvrage, M. Loppé débute par le rappel de quelques principes d'Électrochimie indispensables à l'étude des phénomènes qui se rencontrent dans le fonctionnement des accumulateurs. Il donne ensuite l'exposé des diverses théories relatives aux actions chimiques qui se produisent, à la charge et à la décharge des accumulateurs.

Dans la Partie relative aux accumulateurs industriels, l'Auteur s'occupe surtout des différents systèmes d'électrodes et de leur montage dans les bacs. Un paragraphe est consacré à l'entretien des batteries et aux précautions à prendre dans l'emploi des accumulateurs, précautions dont dépendent à la fois la durée et le rendement.

Tout en traitant plus particulièrement la partie concernant les accumulateurs au plomb, universellement employés aujourd'hui, M. Loppé a cependant réservé un Chapitre aux accumulateurs d'autres systèmes dont l'étude peut être intéressante.

Dans la cinquième Partie, l'Auteur décrit rapidement les appareils accessoires employés dans l'établissement des accumulateurs et dans leur fonctionnement.

Enfin, une sixième Partie est consacrée aux mesures de rendement et à celles de la force électromotrice et de la résistance intérieure.

Cet exposé suffit amplement pour se rendre compte de l'intérêt qu'offre le Volume de M. Loppé. L'Ouvrage se recommande de lui-même.

L'Électrométallurgie, par M. MINET (Adolphe), Ingénieur, Directeur du journal *l'Électrochimie. Voie humide et voie sèche*. Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

L'Électrométallurgie est une science dont les applications ont pris, dans ces dernières années, un grand développement; le présent Ouvrage a pour but de donner des renseignements complets sur les principaux procédés déjà en usage, et d'indiquer la voie pour la réalisation de nouveaux progrès.

L'Auteur, au début, après quelques définitions importantes, rappelle les *lois générales de l'Électrolyse*; il divise ensuite son étude en deux Parties: l'Électrométallurgie par voie humide; l'Électrométallurgie par voie sèche.

Dans la première Partie sont compris: les revêtements métalliques, l'affinage des métaux (cuivre, plomb, argent, nickel) et le traitement des minerais; l'Électrolyse des sels en dissolution sert de base aux méthodes qui y sont décrites.

La deuxième Partie renferme: l'Électrolyse des sels anhydres à l'état de fusion ignée, appliquée à la production des métaux: aluminium, magnésium, sodium, lithium, zinc; les *Phénomènes électrothermiques*, où l'Électricité joue surtout le rôle d'agent calorifique, appliqués à la fusion des métaux, oxydes réfractaires, et tout dernièrement à la production des carbures métalliques.

M. Minet cite un grand nombre de savants et d'ingénieurs qui se sont occupés de ces questions, et l'on peut dire que son travail donne un aperçu rigoureux de l'état actuel de l'Électrométallurgie.

L'Électrochimie. Production électrolytique des composés chimiques, par M. MINET (Adolphe), Ingénieur, Directeur du journal *l'Électrochimie*. Petit in-8°. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Dans cet Ouvrage l'Auteur s'occupe spécialement des applications industrielles de l'Électrolyse à la production des composés chimiques, et divise son étude en deux Parties.

La première Partie comprend tout ce qui se rapporte à la Chimie minérale et se subdivise elle-même en trois Chapitres: 1° Électrolyse de l'eau, où, après avoir rappelé les recherches de MM. Berthelot, Duter, D. Tommasi sur ce sujet, M. Minet décrit divers procédés de production industrielle de l'hydrogène, ainsi que quelques types de voltamètres étalons; 2° Électrolyse des acides et des bases; 3° Électrolyse des sels, où une large part est réservée à l'électrolyse du chlorure de sodium et à la fabrication de la céruse, deux questions des plus importantes.

La deuxième Partie renferme toutes les applications se rattachant à la Chimie organique: Synthèse de l'alcool, purification et vieillissement artificiel des alcools; préparation des matières colorantes, tannage électrique, purification des jus sucrés, telles sont les principales questions qui y sont traitées.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

10/3. — Le transformateur rotatif; *C. Steinmetz*. — Essai du synchronographe sur les lignes anglaises; *A. Crehore* et *G. Squier*.

17/3. — Représentation graphique du potentiel alternatif; *H. Görges*. — Sur la meilleure disposition des conducteurs de retour pour tramways; *F. Natalis*. — Transmetteur pour la télégraphie sous-marine; *T. Karass*.

31/3. — Moteurs du système Walcker; *E. Wahle*. — Production de champs tournants par les courants de Foucault, et méthode d'examen rapide des champs alternatifs; *F. Braun*. — Télégraphie duplex avec appareil Hughes entre Berlin et Londres. Tramways à accumulateurs; *E. Hauswald*.

24/3. — Essai d'un tramway à accumulateurs, moteurs en dérivation et nouveau régulateur; *E. Fischinger*. — Interrupteur pour haute tension.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

24/2. — Chemin de fer de la Yungfrau; *L. Baily*. — De l'aluminium pour les lignes électriques; *A. Hunt*.

3/3. — Équipement du *Brooklyn Elevated*.

10/3. — Installations d'éclairage de Reading (Pa.); *N. Hopkins*.

17/3. — Expériences sur l'éclairage des appartements; *J. Thomson*.

24/3. — Lampes à arc enroulé en séries pour circuits à haute tension.

Electrical World.

26/2. — Mesure des faibles résistances; *W. Stine*.

3/3. — Examen photographique d'une décharge à 150 000 volts; *C. Steinmetz*. — Comparaison précise des faibles résistances; *S. Sheldon*. — Stations centrales de Londres; *H. Gunton*. — Le moteur à induction monophasé; *C. Steinmetz*. — Pertes dans le fer des transformateurs; *H. Carhart*. — Appareil pour essais à 100 000 volts; *W. Stine*.

12/3. — Stations centrales de Londres (*suite*); *H. Gunton*.

19/3. — Stations centrales de Londres (*suite*); *H. Gunton*. — Lampes à incandescence pour 200 volts; *G. Binswanger Byng*.

26/3. — Tableaux pour stations centrales; *F. Perrine*. — Étalonnage des ampèremètres et des électrodynamomètres; *H. Carhart*. — Coefficient de température du compteur Thomson; *W. Hooper*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

- 14/1. — Notes sur les moteurs à courants alternatifs; *A. Eborall*.
21/1. — Notes (*suite*); *A. Eborall*. — Enroulements des armatures polyphasées; *J. Stone*. — Hypothèses électriques sur le système solaire; *Delta*.
28/1. — Fabrication des appareils Tudor.
4/2. — Haute tension; *J. Trowbridge*. — Notes sur les moteurs alternatifs; *A. Eborall*. — Hypothèses électriques sur le système solaire; *Delta*.
11/2. — Fabrication des accumulateurs au chlorure de plomb. — Procédés de fabrication de la céruse; *S. Cowper Cooles*.
18/2. — Mort par l'électricité; *W. Hedley*. — Fabrication des accumulateurs au chlorure de plomb.
25/2. — Mesure des défauts au voltmètre; *S. Russel*. — Lampes et appareillage pour distribution à 200 volts; *G. Biswanger*. — Recherches récentes relatives au dépôt électrolytique des métaux; *J. Graham*.
11/3. — Des écrans magnétiques; *H. du Bois*. — Manufacture des lampes et autres appareils pour circuits à 200 volts; *G. Byng*. — Détermination des pertes par hystérésis (*fin*); *J. Fleming*.
18/3. — Manufacture des lampes et autres appareils pour circuits à 200 volts (*fin*); *G. Byng*. — Liaison des rails; *W. Harrington*.
25/3. — Rendement des transformateurs; *A. Russell*. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*. — Théorie des courants alternatifs; *W. Rhodes*.
1/4. — Constance de l'étalon Clark du Board of Trade; *W. Cooper*. — Prix de la production et de la distribution de l'électricité; *R. Hammond*. — Accumulateurs; *E. Wade*. — Graissage automatique des machines à grande vitesse; *A. Morcom*.

Electrical Review.

- 4/3. — Hypothèse électrique sur le système solaire; *Delta*. — Emploi pratique du galvanomètre balistique; *L. Fry*. — De l'électromètre à quadrants comme voltmètre et wattmètre; *E. Wilson*.
11/3. — Recherches sur le dépôt électrolytique des métaux; *J. Graham*.
18/3. — Note sur les moteurs à courants alternatifs (*suite*); *A. Eborall*. — Recherches sur le dépôt électrolytique des métaux; *J. Graham*. — Système de contacts superficiels de Kingsland.
25/3. — L'humidité favorise-t-elle la production de l'ozone; *E. Andreoli*. — Emploi des courants polyphasés; *E. Hawkins*.
1/4. — Influence de la tension et de la qualité du métal sur les changements de longueur produits par l'aimantation. — Notes sur les moteurs à courants alternatifs (*suite*); *A. Eborall*. — Installations de Torquay. — Recherches sur le dépôt électrolytique des métaux (*suite*); *J. Graham*. — Emploi des courants polyphasés; *T. Hawkins*. — Hypothèse électrique sur le système solaire (*suite*); *Delta*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

- 9/2. — Appareils électriques pour la cuisine.
- 16/2. — Transmissions électriques dans les mines. — Télégraphie sans fils; *J. Mat-
tausch.*
- 23/2. — Transmission (*suite*). — Essais avec le coherer de Righi; *J. Tuma.* — Con-
tacts pour relever les courbes d'alternateurs; *J. Sahulka.* — Système Thury pour
transmission à haute tension; *C. Wieshofer.*
- 30/1. — Relations entre l'énergie chimique et l'énergie électrique; *J. Klaudy.* —
Transmissions dans les mines. Appareils Siemens et Halske.
- 6/2. — Propriétés magnétiques des fers actuels et sur le coefficient de Steinmetz.
— Block-système automatique de Wilfrid Blout.
- 13/2. — Voies transportables pour l'art militaire, système *A. Koppel.* — Force
contre-électromotrice de l'arc entre électrodes d'aluminium; *Von Lang.* — Mesure des
différences de phase; *H. Martiensen.*
- 27/2. — Problème de traction électrique; *C. Child.* — Mesure (*suite*); *H. Mar-
tensen.* — Lampe à incandescence de Nernst.
- 6/3. — Mesure des capacités avec la balance; *von Lang.* — Mise en parallèle des
alternateurs; *J. Sahulka.* — Un problème de traction électrique; *C. Child.* — Méthode
de mesure des différences de phases; *H. Martiensen.*
- 13/3. — Progrès de la téléphonie; *K. Miller.*
- 20/3. — Perfectionnements dans les machines à courant continu; *J. Seidener.* —
- 27/3. Usage des rhéostats à liquide. — Recherche sur les prises de terre.
Relations entre l'énergie chimique et l'énergie électrique; *J. Klandy.* — Recherches
sur les prises de terre (*suite*).
- 

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Allocution de M. le Président, p. 162. — Étude sur les étalons photométriques usuels (M. F. Laporte), p. 166. — Sur la commutation dans les dynamos à courant continu (M. P. Girault), p. 183.

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS, p. 228.

PERIODIQUES ÉTRANGERS, p. 229.

OUVRAGES OFFERTS, p. 231.

COMPTE RENDU
DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE
du mercredi 4 mai 1898 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. R.-V. PICOU.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale annuelle et de la Réunion mensuelle tenue le 6 avril est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Camichel (Charles-Moïse), Maître de Conférences, Directeur du Laboratoire de Physique industrielle à l'Université de Lille, 1, rue des Fleurs, à Lille. — Présenté par MM. P. Janet et Damien.

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Chevallier (Charles-Henri), Préparateur de Physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux, 61, rue Clément, à Bordeaux. — Présenté par MM. Janet et Margaine.

Faroux (Charles-Ernest), Ingénieur à la *Compagnie générale des Omnibus*, 58, rue Jacob, à Paris. — Présenté par MM. Vigneron et Griffisch.

Leclanché (Maurice), Industriel, 114, boulevard Malesherbes, à Paris. — Présenté par MM. d'Arsonval et A. Tripier.

Renard (Lucien), Ingénieur, Chef du Service technique à la *Société anonyme Bouckaert et Cie*, 82, rue Lacken, à Bruxelles (Belgique). — Présenté par MM. Sciamia et Fayot.

Tripier (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à la *Compagnie générale de traction*, 16, rue Ganneron, à Paris. — Présenté par MM. Monnier et Blondin.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT adresse ses remerciements, au nom de la Société, aux auteurs des dons suivants, pour l'École supérieure d'Électricité :

MM. COLIN et C^{ie} (Société du Familistère de Guise) :

- 1 chauffe-fer à friser;
- 1 chauffe-plat;
- 1 calorifère;
- 1 pot à eau.

SOCIÉTÉ « LE CARBONE », 12 et 33, rue de Lorraine, à Levallois-Perret :

- 1 tableau d'échantillons de pièces en charbon pour balais et contacts.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CABLES ÉLECTRIQUES (MM. Berthoud, Borel et C^{ie}), 11, chemin du Pré-Gaudry, à Lyon :

- 1 tableau d'échantillons de câbles pour tensions de 1000 à 5000 volts.

M. R.-V. PICOU, *Président*. — « Mes chers Collègues, en m'appelant à la présidence de notre Société, vous m'avez fait un honneur qui dépasse toutes mes ambitions. Je dois vous en adresser ici des remerciements d'autant plus profonds que je reconnais volontiers, sans fausse humilité, que mes titres se réduisent à un seul : mon grand dévouement à notre Société. Mais si ce titre devait être suffisant pour justifier les honneurs de la présidence, il se passerait à coup sûr quelques siècles avant que nos destinées puissent être en péril faute d'un pilote au gouvernail.

» Quoi qu'il en soit, mes chers Collègues, puisque vous m'avez

investi de cette éminente fonction, je dois en accepter de bonne grâce les charges corrélatives.

» Je ne crois pas pouvoir mieux répondre à votre confiance qu'en prenant l'engagement d'être un président laborieux; mais je crois bien qu'il est aussi dans ma destinée d'être un président heureux; de ceux qui n'ont pas d'histoire et glissent inaperçus dans l'oubli.

» Je ne serai pas le premier à remarquer combien le roulement établi par la coutume si sage de l'alternance rend désavantageuse la situation du praticien qui se trouve encadré entre deux savants, tels que celui auquel je succède et celui que vous avez choisi pour la prochaine année.

» C'est pour moi un devoir des plus agréables que d'avoir à faire l'éloge de mon éminent prédécesseur et ami, le Dr d'Arsonval.

» Est-il bien nécessaire, Messieurs, de vous rappeler les nombreux services qu'il a rendus à la cause de l'Électricité appliquée? Il n'est pas de jour où chacun de nous ne fasse usage du merveilleux instrument dont il a doté les laboratoires et l'industrie, et qui a contribué pour une si grande part à la réputation universelle de notre éminent Collègue.

» Le Dr d'Arsonval, mes chers Collègues, est (vous pourriez l'ignorer) médecin; il est même physiologiste. Il croit de très bonne foi qu'il ne travaille qu'aux progrès de la Science à laquelle il s'est voué. Mais chaque fois qu'il aborde une question de Physiologie, il révolutionne les méthodes et les appareils; et son ingéniosité lui permet de créer de toutes pièces ceux qui sont nécessaires à ses études. Incidemment, il se trouve qu'il résout, en les considérant comme accessoires, des problèmes techniques; l'industrie, pour son plus grand bénéfice, s'approprie ses solutions et les applique à ses besoins.

» Je ne crois pas utile, Messieurs, de vous rappeler les travaux du Dr d'Arsonval. Vous l'avez maintes fois entendu dans cette enceinte; et puis, j'aurais l'air de faire son oraison funèbre, alors qu'il est toujours, heureusement, en parfaite santé, et qu'il n'a pas cessé de vivre comme membre influent de notre Société, qui le conserve avec soin dans son Bureau.

» Mais je dois vous parler encore de lui en tant que président sortant, et de sa contribution à la marche de notre Société.

» M. d'Arsonval s'est trouvé, par les circonstances, retenu hors de Paris pendant la plus grande partie de l'année; et sa bonne volonté, que nous connaissons pour l'avoir fréquemment éprouvée, s'est ainsi trouvée paralysée pendant cette période.

» Il m'a déclaré lui-même qu'après avoir pris connaissance de l'état général de la Société il a jugé que, en sa qualité de médecin, ce qu'il avait de mieux à faire était d'intervenir le moins possible. Le sujet étant sain et robuste, il n'y avait qu'à lui laisser prendre son développement naturel.

» Mais ne doutez pas, Messieurs, que si le moindre trouble se fût manifesté dans son organisme, le président et le médecin ne fussent accourus pour assurer, par des mesures énergiques, le rétablissement du fonctionnement normal.

» Il n'en a rien été, fort heureusement, et, tout au contraire, sous la présidence du D^r d'Arsonval, notre Société a pu subir victorieusement cette épreuve caractéristique de la vitalité des Sociétés : contracter un emprunt important.

» C'est un lieu commun trop répandu, Messieurs, que de parler du défaut d'initiative des Français. Combien pourrait-on signaler d'actes d'initiative aussi hardie et aussi heureuse que la création du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité ? Il est impossible de nommer ces institutions sans nommer en même temps M. Mascart, l'auteur principal de ces créations, dont l'inébranlable confiance et l'impulsion énergique ont su vaincre toutes les difficultés et grouper tous les concours qui ont permis à notre Société de tirer du néant ces deux œuvres, dont elle a quelque droit de s'enorgueillir.

» Après les années pénibles et laborieuses du début, le succès s'est affirmé et, l'année dernière, il a fallu, par un dernier effort, assurer les ressources nécessaires à une installation définitive.

» L'emprunt, ouvert aux seuls membres de la Société, a été souscrit sans difficulté. Son produit a permis de mettre l'École dans une situation matérielle et morale qui lui permet de marcher de pair avec les autres grandes Écoles d'application, auxquelles le Gouvernement ne marchandait pas les subsides, dérivés de la source inépuisable du budget.

» Tous les souscripteurs étant membres de la Société, sont donc

présents ici, ce soir, au moins en intention ; et je ne saurais trouver une meilleure occasion pour leur adresser un remerciement collectif au nom de la Société tout entière.

» Il y a quelques semaines, Messieurs, que, dans une autre Assemblée, le président du Syndicat professionnel des Industries électriques parlait des qualités d'initiatives indispensables au succès commercial. Le succès commercial, élément important de la grandeur et de la prospérité du pays, est la résultante d'un grand nombre de facteurs. A notre Société électrotechnique incombaient certains devoirs ; mais nous pouvons avoir, mes chers Collègues, la légitime fierté de les avoir jusqu'ici remplis largement, sans avoir mesuré l'effort, et n'ayant en vue que le but à atteindre.

» Il nous reste maintenant à reprendre le cours habituel de nos travaux ordinaires et à continuer de poursuivre, par la discussion en commun des solutions techniques, le progrès incessant de l'Électricité, dont les branches théorique et pratique ont toujours été si heureusement confondues dans notre Société. » (*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

ÉTUDE SUR LES ÉTALONS LUMINEUX USUELS.

M. F. LAPORTE. — « Le Laboratoire central d'Électricité, suivant les prescriptions du Congrès international des Électriciens de 1881 et de 1882, a adopté, comme unité photométrique, l'étalon de lumière proposé et étudié par M. Violle. Dans une séance de la Société, en 1884, il en a donné la définition suivante : « L'unité de source » lumineuse, c'est la lumière émise normalement à sa surface » par 1^{re} de platine pur quand il se trouve à la température de sa » solidification. »

» Tous les termes de cette définition présentent les caractères d'invariabilité et de constance nécessaires à une unité absolue. Il est possible de se procurer du platine pur : toutes les lois physiques affirment que sa température de solidification reste fixe ; l'isolement d'un faisceau lumineux normal à la surface du bain et la mesure de sa section droite sont choses faciles ; enfin, expérimentalement, un temps d'arrêt dans la variation de l'intensité lumineuse, suivi d'une sorte d'éclair très perceptible, permet, paraît-il, de déterminer le moment précis où la lecture photométrique doit être faite.

» Il est donc possible de reproduire les diverses conditions de la définition donnée par M. Violle.

» Le Congrès a sanctionné l'emploi, comme unité pratique d'intensité lumineuse, de la *bougie décimale*, vingtième partie de l'unité Violle, et qui avait l'avantage de représenter à peu près $\frac{1}{10}$ de l'intensité lumineuse de la lampe Carcel.

» On conservait, de cette façon, le mot *bougie*, pour évaluer l'intensité lumineuse, mot auquel le public et le client étaient habitués depuis longtemps ; mais sa signification devenait tout autre, ce n'était plus qu'une unité entièrement théorique et abstraite, ne représentant que 0,7 à 0,8 de la valeur de l'intensité lumineuse de la bougie de stéarine, qui lui a donné son nom.

» Comme l'unité Violle n'était pas d'un usage facile dans la pratique, chacun continua à employer les anciens étalons photométriques. En France, les mesures se firent toujours avec la Carcel ; en Allemagne on se servit, comme avant, de la bougie de paraffine,

puis de la lampe Hefner à acétate d'amyle ; en Angleterre, on employa la bougie de spermaceti, la lampe au pentane et l'étalon Dibdin.

» Un simple coefficient de transformation permet de passer de ces diverses unités usuelles à la bougie décimale.

» Le Laboratoire a fait jusqu'ici tous les essais photométriques par comparaison avec la lampe Carcel et la transformation en bougies décimales se fait au moyen du rapport indiqué par M. Violle :

$$1 \text{ bougie décimale} = 0,104 \text{ carcel.}$$

» D'autre part, le dernier Congrès des Électriciens, tenu à Genève en 1896, ayant recommandé l'emploi de la lampe Hefner comme étalon secondaire provisoire pour sa constance et la facilité de son usage, il était intéressant d'étudier les deux étalons en présence, carcel et hefner, et de chercher à déterminer leur rapport d'une façon précise. Il est douteux qu'en France la carcel, malgré les difficultés de son réglage, soit détrônée de si tôt, surtout auprès des Ingénieurs de la C^e du gaz et du Service de contrôle de la Ville de Paris, tandis qu'en Allemagne la lampe Hefner est universellement adoptée et que son usage se répand avec rapidité en Angleterre et dans les autres pays. Il nous a semblé qu'il entraînait tout à fait dans la mission du Laboratoire d'étudier le rapport des deux étalons, afin de pouvoir comparer des mesures faites avec l'un ou avec l'autre. Cette valeur était bien donnée par les Tableaux de comparaison publiés dans les Traités et Aide-Mémoire; mais nous avons voulu la vérifier, et voici d'ailleurs comment nous avons été amené à ce travail.

» Nous avons reçu au Laboratoire des lampes à incandescence étalonnées à l'Institut impérial physico-technique, et nous avons voulu vérifier la concordance de nos mesures avec celle de cette Institution si renommée. Pour une même différence de potentiel et une même intensité de courant, les lampes étalonnées au Laboratoire central par comparaison avec la carcel donnaient une intensité lumineuse bien inférieure à celle de leur étalonnement.

» En prenant, en effet, la valeur admise :

$$\text{hefner} = 1,02 \text{ bougie décimale,}$$

les résultats étaient les suivants :

Institut physico-technique.

Volts.	Ampères.	Hefner.
108,5	0,338	10
111,5	0,489	16

Laboratoire central.

Volts.	Ampères.	Bougies décimales.	Hefner.
108,5	0,338	8,7	8,5
111,5	0,487	14,2	13,9

» D'accord avec l'Institut physico-technique pour les unités électriques, le Laboratoire se trouvait en divergence pour les mesures d'intensité lumineuse; la question méritait une étude. Le Laboratoire fit venir une lampe Hefner et de l'acétate d'amyle. MM. Durand et Jigouzo, chefs de travaux au Laboratoire, trouvèrent, en septembre 1896, que le rapport de l'intensité lumineuse de l'hefner à celle de la carcel était 0,09 environ, chiffre inférieur à celui qui était admis 0,105. Il était donc intéressant d'étudier ce rapport et j'entrepris ce travail, qui avait également comme but accessoire de contrôler, une fois de plus, la valeur de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence qui servent d'étalons secondaires au Laboratoire.

» J'ai étudié la carcel, la lampe Hefner et la bougie de paraffine qui servait d'étalon lumineux en Allemagne avant l'adoption presque générale de la lampe à acétate d'amyle. Je voudrais, dans la suite, passer en revue d'autres étalons secondaires peu ou même pas employés jusqu'ici, et qui ne présenteraient peut-être pas les inconvénients de ceux qui sont en usage; je veux parler, par exemple, de la lampe Dibdin, à vapeur d'éther, assez répandue en Angleterre; de l'étalon à acétylène, présenté devant vous par M. Violle, et aussi d'une nouvelle lampe dont M. Blondel vient de confier l'étude au Laboratoire. Il a l'espérance d'avoir conservé à ce nouvel étalon les qualités de l'hefner et d'avoir pu diminuer notablement ses inconvénients. C'est une lampe à mèche pleine, brûlant un mélange d'alcool et de benzine en proportions définies; le réglage de la lampe est facile et la flamme conserve une grande fixité par l'emploi d'une

cheminée. Son intensité lumineuse, d'après de premiers essais sommaires, serait voisine de celle de la lampe Hefner.

» Vous me permettrez d'adresser ici mes remerciements à M. Couderchon, Chef du service de la vérification du gaz à la Ville de Paris, qui a bien voulu mettre plusieurs fois à ma disposition le laboratoire central de la Ville, ainsi que les lampes Carcel qui y servent journellement, et aussi à M. Godot, Directeur de la Compagnie du Gaz, qui m'a autorisé à travailler dans le laboratoire photométrique de l'usine du Landy.

» MM. Borzecki et Nicolas, élèves au Laboratoire, m'ont prêté leur concours empressé pendant toute la durée de ce travail.

» *Méthode employée.* — Les intensités lumineuses que je voulais comparer étaient fort différentes; la lampe étalon du Laboratoire est de 17 bougies environ, la carcel en représente 10, et l'étalon hefner une. Pour la sensibilité et la précision des mesures, il importait que les deux intensités à comparer ne fussent pas aussi différentes.

» J'ai choisi comme terme de comparaison une lampe à incandescence de 3,3 bougies environ, et c'est son intensité lumineuse qui a été comparée successivement à celle des différentes sources à étudier. Le rapport de l'intensité lumineuse de cette lampe à celle de la carcel était de $\frac{1}{3}$, et à celle de la lampe Hefner de 3 environ. Les mesures étaient meilleures dans ces conditions.

» La différence de potentiel aux bornes était de 18 volts, et l'intensité du courant de 0^{amp},7. Le courant était fourni par une batterie d'accumulateurs.

» J'avais comme appareil de mesure un voltmètre de précision apériodique de Chauvin et Arnoux, gradué de 15 à 25 volts en $\frac{1}{10}$ de volt, et j'ai mesuré l'intensité au moyen d'un ampèremètre Chauvin et Arnoux de 0-1 ampère, gradué en $\frac{1}{100}$ d'ampère. De plus, dans toute ma série d'essais au Laboratoire, je me suis servi d'une balance centi-ampère de Lord Kelvin, traversée par le courant de la lampe et qui me permettait de rétablir, avec une grande sûreté, le même régime à chaque expérience et de le maintenir pendant toute la durée de l'essai.

» J'avais fait souder sur les pôles de la lampe de petites tiges de cuivre qui amenaient le courant sans employer la douille ordinaire

à baïonnette. A cet effet, les tiges de cuivre plongeaient dans deux canaux cylindriques creusés dans un bloc d'ébonite et qui contenaient du mercure. Celui-ci était en communication avec deux bornes extérieures, à serrage plat, facilement accessibles et nettoyables, qui pinçaient les fourches terminant les fils amenant le courant. Un rhéostat continu permettait de faire varier la résistance générale du circuit et, par conséquent, de régler le régime de la lampe.

» Craignant l'influence de la résistance des contacts et leur variation, j'ai fait toutes ces mesures en maintenant constante l'intensité du courant qui traversait la lampe, en me basant sur les indications de la balance de Lord Kelvin. Le voltmètre servait à constater la permanence du régime. Des expériences préalables m'avaient montré que, malgré la sensibilité du voltmètre, c'était cette manière de procéder qui donnait les meilleurs résultats.

» Je m'étais procuré deux lampes de 3 bougies environ et de 18 volts, très semblables. Je les avais comparées entre elles au début de mes essais; c'est avec l'une d'elles que j'ai fait presque uniquement toutes les mesures, tandis que l'autre n'était allumée qu'à de très rares intervalles et ne servait qu'à vérifier si l'intensité lumineuse de la première ne variait pas.

» Le filament de ces lampes était formé d'un simple fer à cheval. En plaçant le plan du filament normalement à l'axe du photomètre, on pouvait connaître avec une assez bonne approximation la distance de l'écran à la source lumineuse. Les comparaisons photométriques ont été faites au moyen du photomètre Lummer et Brodhum du Laboratoire. La longueur utile du banc est de 287^{cm}. La lecture de la distance sur le banc se faisait au millimètre. Pour chaque mesure, il était fait au moins dix pointés photométriques en prenant soin de retourner le photomètre, afin d'éliminer les erreurs dues à un défaut de symétrie de l'appareil.

» En général, les dix ou vingt lectures photométriques d'une série sont toutes comprises dans l'intervalle de 1^{cm}, quelquefois moins, et le banc était, je le répète, une longueur de 287^{cm}.

» J'estime que la précision de la mesure en elle-même était plus grande que les erreurs à craindre dans le réglage et le repérage des conditions de fonctionnement des étalons lumineux ou même des lampes à incandescence.

» *Lampe Carcel.* — L'étude de la lampe Carcel comme étalon lumineux a été faite à bien des reprises et je n'ai pas voulu reprendre un travail qui a été fait très complètement par des hommes compétents. La question a d'ailleurs été parfaitement résumée dans le *Traité de Photométrie* de M. Palaz.

» Je voudrais cependant faire quelques remarques qui vous paraîtront, je l'espère, avoir quelque utilité et attirer votre attention en particulier sur les précautions à prendre dans les mesures qui ont comme but de comparer la carcel, lampe à combustion et par conséquent soumise en quelque manière à l'état de l'air ambiant, à des lampes à incandescence dont l'intensité lumineuse est tout à fait indépendante des conditions atmosphériques.

» La définition des conditions d'emploi de la carcel a été donnée par Dumas et Regnault en 1842, à l'occasion de l'organisation du contrôle, par la Ville de Paris, de l'éclairage des rues par la Compagnie parisienne du Gaz; depuis cette époque ces prescriptions sont suivies dans les laboratoires d'essai des usines de la Compagnie du Gaz, et aussi dans les douze chambres de contrôle réparties dans Paris et dans le Bureau central de vérification de la Ville.

» Voici les conditions de fonctionnement normal de la lampe Carcel dont les dimensions géométriques sont définies, bien entendu, et pour la lampe, et pour le verre. La consommation d'huile (huile de colza épurée) doit être de 42^{gr} à l'heure. La hauteur de la mèche au-dessus du porte-mèche étant de 10^{mm} et le coude du verre se trouvant à 7^{mm} au-dessus du bord supérieur de la mèche. La flamme doit avoir 40^{mm} de hauteur; on recommande de faire les expériences dans une salle aérée, à une température comprise entre 15° et 20°. Il faut avoir soin de remplir entièrement la lampe à chaque expérience, d'employer chaque fois une mèche neuve d'un type déterminé et de conserver les mèches à l'abri de l'humidité.

» Si dans ces conditions, au moment de l'expérience, la consommation d'huile est comprise entre 39^{gr} et 45^{gr} par heure, on corrige l'intensité lumineuse en l'admettant comme proportionnelle à la consommation d'huile.

» Ces prescriptions si précises sont difficiles à réaliser simultanément. Les deux lampes Carcel du Laboratoire, réglées suivant les conditions de hauteur de mèche et de verre, brûlent toutes les deux

plus de 45^{gr} d'huile à l'heure et se trouvent par conséquent en dehors des limites prévues du fonctionnement de la lampe.

» De toutes les prescriptions la plus importante m'a semblé être celle relative à la consommation d'huile. La mèche étant amenée à la hauteur la plus favorable, j'ai réglé la consommation en faisant varier la hauteur du verre. C'est d'ailleurs de cette façon que procèdent tous ceux que j'ai vus manier des carcel.

» J'ai donc étudié tout d'abord dans quelles conditions les lampes du Laboratoire brûlaient les 42^{gr} d'huile à l'heure et quelles étaient les variations relatives de l'intensité lumineuse et de la consommation.

» Choisisant une certaine hauteur de la mèche, qui restait constante pendant la durée de l'essai, et commençant avec un verre placé très bas, je déterminais la consommation d'huile et l'intensité lumineuse correspondant à ce réglage. Puis, le verre ayant été un peu relevé et sa position repérée, de nouvelles mesures étaient faites. En reportant les points ainsi obtenus sur un papier quadrillé et en faisant passer une courbe représentant le phénomène, on peut déterminer approximativement la hauteur du verre correspondant à 42^{gr} de consommation horaire. Une courbe analogue donne l'intensité lumineuse.

» L'accroissement de la consommation d'huile et de l'intensité lumineuse est très rapide tout d'abord avec l'élévation du verre, quand le coude est encore dans le voisinage du bord de la mèche. A mesure que cette distance augmente, la variation devient moins grande. J'ai même cru trouver un maximum d'intensité lumineuse pour une élévation du coude du verre de 10^{mm} à 12^{mm} au-dessus de la mèche. Je ne puis vous donner les résultats que j'ai obtenus à ce moment, car je ne suis pas sûr de leur précision; je n'observais pas avec assez de soins certaines précautions d'aérage dont j'ai constaté plus tard l'importance; des corrections seraient probablement nécessaires.

» J'ai pu cependant déterminer ainsi deux régimes de marche pour la lampe, donnant tous les deux la consommation de 42^{gr} par heure.

» L'un correspond à une élévation de la mèche de 10^{mm} au-dessus du porte-mèche, le coude du verre se trouvant à 3^{mm} seulement au-dessus de la mèche.

» Dans ces conditions, la lampe est difficile à régler et le régime

varie facilement. Un déplacement très faible du verre modifie beaucoup la quantité d'huile brûlée et l'intensité lumineuse; de plus, même pour des consommations très voisines de 42^{gr} , j'ai trouvé pour l'intensité lumineuse une variation plus rapide que pour la consommation.

» Pour l'autre régime, qui correspond à une hauteur de mèche de 7^{mm} à 8^{mm} et une hauteur du coude de 7^{mm} au-dessus de la mèche, la stabilité est plus grande et plus facile à maintenir. J'ai pu, à plusieurs reprises et dans des conditions atmosphériques différentes, la rétablir assez facilement. Avec cette hauteur de mèche, j'ai obtenu au Laboratoire des résultats satisfaisants comme constance, et l'intensité était proportionnelle à la consommation dans les limites étroites de 41^{gr} à 43^{gr} .

» En dehors de ce régime, les mesures sont discordantes et les chiffres obtenus très différents; cette marche m'a semblé la meilleure au point de vue des expériences comme constance de régime et uniformité de résultats : je l'ai donc adoptée. C'est l'intensité lumineuse obtenue dans ces conditions que j'ai prise comme valeur de la lampe Carcel dans mon tableau de comparaison.

» Pendant mes expériences définitives la température était de 10° environ. La salle de photométrie était largement aérée tous les quarts d'heure en établissant pendant cinq minutes un courant d'air entre la fenêtre et la porte.

» L'aération de la salle de photométrie a, en effet, une importance considérable sur la rapidité de la combustion et surtout sur le pouvoir éclairant de la lampe.

» Dans la comparaison de la carcel à d'autres sources lumineuses également à combustion, la différence et l'erreur étaient moins sensibles puisque l'état de l'air affectait dans le même sens, sinon proportionnellement, les deux sources; mais, avec les lampes électriques indépendantes des conditions extérieures, toutes les causes qui agissent sur la combustion deviennent très sensibles.

» Dans la salle de photométrie du Laboratoire, qui n'est pas encore pourvue d'une hotte de tirage, mais qui représente toutefois 82^{mc} , 6 de capacité, nous avons constaté qu'il fallait ouvrir les fenêtres environ tous les quarts d'heure si l'on ne veut pas voir baisser d'une façon anormale la lampe Carcel.

» Quand on ne prend pas cette précaution, une demi-heure environ après la fermeture de la fenêtre, la consommation diminue légèrement et l'intensité lumineuse baisse d'une façon très sensible. Après deux heures d'essai sans ouvrir, j'ai trouvé que la consommation était tombée de 4 pour 100, tandis que l'intensité lumineuse avait varié de 12 pour 100. Un aérage énergique fait croître la consommation et l'intensité reprend à peu près sa valeur primitive.

» D'autres expériences m'ont montré que, même avec une hotte de tirage, les mesures peuvent être facilement faussées de 6 à 8 pour 100 par cette seule cause, si l'on ne renouvelle pas fréquemment et par un aérage énergique l'air de la salle d'expérience.

» Je n'ai pu déterminer l'influence de la variation de l'état hygrométrique, forcé que j'étais, à cause de l'aération, à opérer pour ainsi dire en plein air ou plus exactement dans les conditions hygrométriques de l'extérieur. Je n'ai donc pu faire varier la proportion de vapeur d'eau sans changer les autres conditions d'expérience et déterminer la perturbation apportée ainsi dans le régime de la lampe. J'ai mesuré l'état hygrométrique dans plusieurs de mes expériences, mais les variations ne sont pas assez sensibles pour que l'on puisse tirer une conclusion.

» Enfin, j'ai voulu vérifier, si les lampes Carcel du Laboratoire se trouvaient d'accord avec les autres lampes en service; j'ai donc demandé à M. Couderchon, Chef du Service de la vérification du gaz à la Ville de Paris, l'autorisation de travailler au Bureau central des essais de la Ville. J'ai été fort aimablement reçu; à plusieurs reprises le Laboratoire a été mis à ma disposition ainsi que les lampes qui sont en service journalier.

» J'avais emporté toute mon installation électrique : accumulateurs portatifs, lampe, appareils de mesure. Les carcels du Laboratoire, essayées dans un autre milieu, m'ont donné toujours les mêmes résultats.

» L'intensité d'une des carcels de la Ville est venue s'intercaler entre les valeurs des deux lampes du Laboratoire, l'autre a donné un chiffre un peu supérieur. Mais ces expériences ont montré que les quatre lampes étaient équivalentes et que les erreurs provenant de l'une ou de l'autre n'étaient pas supérieures à l'erreur à craindre

pour une seule série d'expériences. Ce n'est qu'une étude prolongée qui permettrait de faire ressortir ces différences.

» Au Laboratoire de photométrie de l'usine à gaz du Landy, j'ai pu également vérifier nos carcel, grâce à l'obligeance de M. Godot et de M. Lévy. Là aussi la lampe m'a donné la même valeur qu'au Laboratoire et elle était égale au bec Bengel brûlant 105^{lit} de gaz à l'heure, c'est-à-dire donnant l'intensité lumineuse d'une carcel.

» La carcel peut donner des résultats concordants dans des conditions toujours les mêmes après une étude sérieuse de la lampe et avec des soins minutieux, mais on ne peut avoir quelque certitude pour une expérience photométrique qu'après avoir répété à plusieurs reprises et à quelques jours d'intervalle les mêmes mesures. Car l'erreur à craindre pour une expérience est toujours très grande, et l'on n'est pas maître de toutes les conditions extérieures; ce n'est qu'en répétant la mesure que les écarts fortuits finissent par s'éliminer d'eux-mêmes, à la condition, bien entendu, que toutes les précautions essentielles aient été prises.

» *La lampe Hefner.* — La lampe si employée maintenant en Allemagne et en Angleterre sous le nom de *lampe* ou de *bougie Hefner* est une lampe brûlant de l'acétate d'amyle. C'est une sorte de lampe à alcool à mèche pleine; la mèche d'ailleurs ne brûle pas, elle n'a pour but que d'aspirer par capillarité le liquide combustible qui se vaporise et brûle au contact de l'air.

» Voici la définition donnée par M. Hefner, que nous extrayons, ainsi qu'une portion des renseignements qui vont suivre, des articles qui ont paru en 1896 dans l'*Industrie électrique* :

« On prendra, comme étalon, la flamme brûlant librement et en repos dans l'air atmosphérique pur et donnée par la section droite d'une mèche massive imprégnée d'acétate d'amyle remplissant exactement un tube de 8^{mm} de diamètre intérieur, de 8^{mm},3 de diamètre extérieur et de 25^{mm} de hauteur verticale : la hauteur de la flamme étant de 40^{mm} au-dessus du bord du tube et mesurée dix minutes au moins après l'allumage. »

» Le modèle est simple et robuste. Les diverses dimensions de la lampe ont été fixées après une étude très complète de l'Institut physico-technique. A la suite de ces essais, l'Association allemande des Ingénieurs du gaz a adopté l'étalon Hefner ainsi défini. La fabri-

cation et le pouvoir éclairant de l'acétate d'amyle sont contrôlés par une Commission spéciale. Ce produit n'est pas, en effet, un corps défini et chimiquement pur. C'est un mélange d'acétate d'amyle, d'eau et d'alcool amylique en proportion variable. Ces impuretés n'ont pas grande influence sur le pouvoir éclairant, cependant ce contrôle a été jugé utile pour garantir l'uniformité des résultats.

» Le seul réglage avec la lampe Hefner, c'est celui de la hauteur de la flamme. La hauteur type de 40^{mm} est repérée par une jauge optique. Elle se compose d'une lentille donnant sur une glace dépolie l'image de l'extrémité supérieure de la flamme. Il suffit donc, en faisant monter ou descendre la mèche, de faire affleurer la pointe aiguë de la flamme au trait de repère gravé sur le verre. Ce réglage est très important.

» D'après les travaux de M. Liebenthal à l'Institut physico-technique (travaux très intéressants qui mériteraient plus qu'un examen rapide et qui peuvent servir de type à une étude de ce genre), une erreur de 1^{mm} dans la hauteur de la flamme amène une variation de 2 à 3 pour 100 dans l'intensité lumineuse de l'étalon.

» Voici quelques-uns de ses résultats :

Hauteur de la flamme en millimètres.	Intensité lumineuse.		
	a.	b.	c.
38	0,94	0,944	0,94
39	0,97	0,972	0,97
40	1	1	1
41	1,028	1,026	1,026
42	1,057	1,052	1,052

» M. Liebenthal a étudié également l'influence de l'humidité de l'air, et après de nombreuses mesures, réparties pendant le cours de plusieurs années, il est arrivé à déterminer une loi, toute expérimentale d'ailleurs, donnant la relation entre l'intensité lumineuse de la lampe et l'humidité de l'air.

» La diminution du pouvoir éclairant est environ de $\frac{5}{1000}$ par litre de vapeur d'eau contenue dans 1^{mc} d'air sec.

» Voici d'ailleurs la formule donnant la loi

$$I = 1,049(1 - 0,0055x),$$

x étant le nombre de litres de vapeur d'eau contenue dans 1^{mc} d'air sec.

» L'intensité unité correspond à une teneur de 8^{lit}, 8. Cette intensité a été choisie comme étant la valeur moyenne annuelle de la lampe Hefner à Berlin. On a constaté des différences de plus de 8 pour 100 entre les intensités trouvées pour la lampe Hefner en été et en hiver.

» La présence de l'acide carbonique fait aussi baisser l'intensité lumineuse dans des proportions notables; mais, en général, dans une salle bien ventilée, la proportion n'est jamais bien considérable. La formule donnée par les expériences est

$$I = 1,012 - 0,0072x',$$

x' étant le nombre de litres d'acide carbonique par mètre cube d'air pur.

» Une influence plus importante est celle de l'appauvrissement de l'air en oxygène. Chaque litre d'oxygène manquant par mètre cube d'air fait tomber de 2 pour 100 l'intensité lumineuse. Il est donc indispensable d'opérer dans une salle grande et aérée. Il faut ventiler souvent et réduire, autant que possible, le nombre des opérateurs présents dans la salle d'expérience.

» Les variations de la pression barométrique n'ont pas, en un même lieu, une amplitude suffisante pour faire varier, d'une manière appréciable, l'intensité lumineuse de la lampe. Il est probable cependant que le transport d'un lieu à un autre d'altitude très différente pourrait avoir une certaine influence.

» La conclusion de ces expériences, c'est qu'il est indispensable de laisser la lampe brûler librement dans l'air. Toute enceinte, tout espace limité est particulièrement nuisible. Il est nécessaire d'opérer dans une atmosphère aussi pure que possible; enfin, pour des mesures précises, il est utile de connaître l'état hygrométrique, afin de faire la correction correspondante.

» La flamme est essentiellement mobile: le moindre souffle, que dis-je, le moindre mouvement de l'air la fait osciller et la trouble. Il faut opérer dans une salle entièrement close, éviter de bouger, de parler et de respirer à proximité de la lampe, on doit prendre garde à une porte ouverte ou fermée brusquement dans un corridor ou un escalier voisin, à un coup de vent extérieur, etc.

» Le réglage de la lampe étant fait pour les mesures photométriques, un de mes aides, placé à bonne distance, surveillait la

lampe Hefner et prévenait quand la flamme était calme et qu'on pouvait faire la lecture.

» Un autre inconvénient de la lampe Hefner est sa faible intensité lumineuse. Elle ne représente en fait que le $\frac{1}{11}$ de la lampe Carcel.

» Pour mesurer les intensités lumineuses des sources usuelles, l'expérience directe est délicate et les distances correspondant aux deux sources sont trop inégales pour que la comparaison puisse se faire dans de bonnes conditions. L'erreur à craindre est alors assez forte. On est amené à employer un étalon secondaire d'intensité intermédiaire. Cela peut compliquer dans bien des cas l'exécution des mesures.

» L'aération, comme je le disais plus haut, a une grande importance. J'ai constaté une diminution d'intensité lumineuse de 3 pour 100 à la fin d'une série de mesures qui avait duré une heure pendant laquelle la salle de photométrie n'avait pas été ouverte.

» *La bougie de paraffine.* — La bougie de paraffine a été longtemps l'étalon adopté en Allemagne par l'Association des Ingénieurs du gaz. Elle est remplacée maintenant presque partout par la lampe Hefner.

» La fabrication de la bougie est surveillée par une commission de l'Association. La paraffine est aussi pure que possible, additionnée cependant d'une petite quantité de stéarine, 2 pour 100 environ, afin d'amener le point de fusion du mélange à 55° C. La mèche est formée d'une tresse de 24 fils de coton.

» La bougie pour donner son intensité normale doit avoir une flamme de 50^{mm} de hauteur.

» La flamme courte à l'allumage s'allonge à mesure que la paraffine fond et que la portion libre de la mèche augmente dans l'intérieur de la flamme, mais bientôt la mèche se courbe, l'extrémité sort de la gaine gazeuse formée par la volatilisation et la combustion de la paraffine : elle rencontre l'air et se consume.

» Pendant l'essai la flamme oscille donc lentement entre les hauteurs de 48^{mm} à 49^{mm} et 52^{mm} à 53^{mm}. Elle augmente lentement à mesure que la bougie s'use et baisse ensuite brusquement au moment où la mèche se consume. L'équilibre s'établit et la hauteur moyenne de la flamme est un peu supérieure à 50^{mm}.

» Si la mèche ne se consume pas et si la bougie se met à filer, on peut faire usage des mouchettes pour faire baisser la flamme, mais avant de reprendre les mesures il faut attendre que le régime d'équilibre soit rétabli.

» J'avais pour ces expériences fait monter une chambre noire permettant de mesurer la hauteur de la flamme en projetant son image sur une échelle appropriée.

» J'ai fait une série de lectures photométriques, et à chaque mesure on relevait la longueur de la flamme. Si, après l'expérience, on réunit toutes les mesures correspondant à une même hauteur, elles concordent assez bien. On peut même déterminer ainsi l'intensité lumineuse de la bougie pour les différentes hauteurs de la flamme; pour l'intervalle de 4^{mm} dans lequel toutes mes mesures sont comprises (de 49 à 53), l'intensité lumineuse paraît être proportionnelle à la hauteur de flamme; 1^{mm} en plus ou en moins la fait varier de 2 à 2,5 pour 100.

» Mais, d'un jour à l'autre, les variations de l'intensité lumineuse sont assez grandes et sont au moins aussi importantes que celles qui proviennent des différences de hauteur. J'ai trouvé 7 pour 100 d'écart entre les deux expériences que j'ai faites. Il est probable que l'état hygrométrique et l'aération ont une grande influence sur la flamme des bougies.

Quelques données relatives aux bougies de paraffine (Vereins-Kerze).

Poids d'une bougie.....	50 ^{gr} , 3
Diamètre.....	2 ^{cm}
Longueur de la partie cylindrique.....	17 ^{cm} , 5
Longueur totale.....	19 ^{cm} , 5
Nombre de brins de la mèche.....	24
Hauteur moyenne de la flamme.....	»
Poids moyen brûlé par heure.....	7 ^{gr} , 8
Longueur moyenne brûlée par heure.....	27 ^{mm}

» *Les étalons secondaires.* — Il me restait à étudier les étalons secondaires du Laboratoire. Ce sont deux lampes à incandescence de 65 volts, 1 ampère et de 17 bougies; nous les appelons les lampes B et C.

» Elles ont été étalonnées par rapport à la lampe Carcel du Laboratoire au mois d'août 1894; depuis cette époque elles ont été

vérifiées souvent et le régime de ces lampes ne paraît pas avoir subi de variations.

» Dans le Tableau des résultats que vous trouverez ci-après, l'intensité de la lampe B est toujours de 17 bougies et ce chiffre provient de la double comparaison de la lampe B avec la lampe auxiliaire de 3 bougies et du rapport de cette dernière avec l'intensité lumineuse de la carcel.

» Depuis l'origine, c'est la lampe B qui a servi à tous les essais tandis que la lampe C restait en réserve et n'a fonctionné que quelques heures, à de rares intervalles, pour permettre de la comparer à la première; j'ai trouvé dans ces essais que le rapport des deux lampes est resté le même, la lampe B étant de moins de 1 pour 100 supérieure à la lampe C.

» Le Laboratoire, tout en conservant ces étalons bien connus, étudie en ce moment six lampes à incandescence de 110 volts. Ce sont deux lampes de 16, deux de 10 et deux de 5 bougies. Quand leurs rapports seront bien connus, nous pourrons faire dans d'excellentes conditions les comparaisons des lampes à étudier et des différents étalons.

» *Résultats.* — Mes mesures ont eu principalement pour but la comparaison de la lampe auxiliaire de 3 bougies que j'appelle lampe X avec les diverses sources lumineuses.

» Comparée tout d'abord à la lampe étalon B du Laboratoire, 4 séries de 10 à 20 mesures m'ont donné comme moyenne :

$$\text{lampe X} = 0,194 \text{ lampe B.}$$

» Avec la carcel le rapport indiqué est la moyenne de 11 séries de 10 à 20 lectures photométriques, la carcel étant réglée comme je l'ai indiqué et la consommation d'huile étant comprise entre 41^{er} et 43^{er} à l'heure :

$$\text{lampe X} = 0,341 \text{ carcel.}$$

» La comparaison avec l'étalon Hefner est la moyenne de 5 séries :

$$\text{lampe X} = 3,72 \text{ hefner.}$$

» La bougie de paraffine, moins intéressante, n'a donné lieu qu'à 2 séries d'expériences :

$$\text{lampe X} = 3,13 \text{ kerze.}$$

» Puis de nouveau, 4 séries de mesures, avec la lampe B du Laboratoire, ont donné comme résultat :

$$\text{lampe X} = 0,193 \text{ lampe B.}$$

» Ces rapports comparés entre eux et groupés deux à deux ont permis de dresser le Tableau suivant, donnant la valeur de chaque étalon en fonction des autres :

	Bougies décimales.	Lampe Carcel.	Lampe Hefner.	Bougie de paraffine.	Lampe étalon B. LCE.	Lampe X.
Bougie décimale.	1	0,104	1,13	0,955	0,059	0,305
Lampe Carcel.	9,6	1	10,9	9,2	0,565	2,93
Lampe Hefner.	0,885	0,092	1	0,815	0,0518	0,268
Bougie de paraffine.	1,05	0,109	1,23	1	0,0615	0,319
Lampe étalon B. LCE. ...	17	1,77	19,3	16,2	1	5,18
Lampe X.	3,28	0,341	3,72	3,43	0,193	1

» La bougie décimale étant définie par le rapport

$$\text{bougie décimale} = 0,104 \text{ carcel.}$$

» Ces chiffres ont été soumis à diverses vérifications. Des comparaisons directes ont été faites entre les diverses sources lumineuses et ont donné les résultats suivants :

$$\begin{aligned} \text{lampe Hefner} &= 0,093 \text{ carcel,} \\ \text{bougie de paraffine} &= 1,21 \text{ hefner,} \\ \text{lampe B} &= 19,5 \text{ hefner,} \\ \text{lampe B} &= 1,775 \text{ carcel.} \end{aligned}$$

» Tous ces résultats concordent entre eux à moins de 2 pour 100. La comparaison de la lampe B et de la carcel est contrôlée par de nombreuses expériences antérieures.

» Le rapport de l'intensité de la bougie de paraffine et de l'unité Hefner a été fixé par la Commission allemande à

$$\text{bougie de paraffine} = 1,22 \text{ hefner.}$$

» Les carcelles du Laboratoire sont pratiquement égales aux autres lampes en service. La lampe Hefner du Laboratoire a été vérifiée à l'Institut physico-technique. Enfin l'étalonnement des lampes à incandescence dont nous parlions plus haut donne, en employant ces nouvelles valeurs, les résultats suivants :

Intensités lumineuses en hefner.	
Institut physico-technique.	Laboratoire central.
10	9,85
16	16,0

» Les rapports indiqués dans le Tableau précédent entre les différents étalons me semblent donc présenter de bonnes garanties d'exactitude.

» Permettez-moi, Messieurs, en terminant, d'attirer encore une fois votre attention sur le chiffre représentant le rapport de l'étalon Hefner à l'étalon Carcel :

$$\text{Hefner} = 0,092 \text{ carcel.}$$

» Ce chiffre diffère, en effet, notablement de celui qui est ordinairement admis et que l'on trouve dans les Traités de Photométrie et les aide-mémoire.

» Dans le rapport du Congrès de Photographie de 1889 sur les différents étalons lumineux proposés à l'étude de la Commission, on donne comme valeur à l'étalon Hefner :

$$\text{Hefner} = 0,120 \text{ carcel.}$$

» Au Congrès de Photographie de Bruxelles, en 1891, la Commission donne connaissance, dans son Rapport, d'une Note de M. Violle qui abaisse ce chiffre à la valeur suivante, que l'on retrouve dans les Tableaux de comparaison des divers étalons :

$$\text{Hefner} = 1,026 \text{ bougie décimale.}$$

» Ce rapport avait été obtenu avec une lampe qui était un des premiers exemplaires de l'étalon Hefner. Elle avait été construite par Siemens et Halske sur les premiers essais de M. Hefner, et bien avant la spécification de l'Institut physico-technique. La divergence trouvée n'a rien qui puisse surprendre puisque, d'après les rapports de l'Institut physico-technique, les différents exemplaires de la lampe à acétate d'amyle avant sa spécification donnaient lieu à des écarts d'intensité lumineuse bien plus considérables que celui que nous signalons. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Laporte.

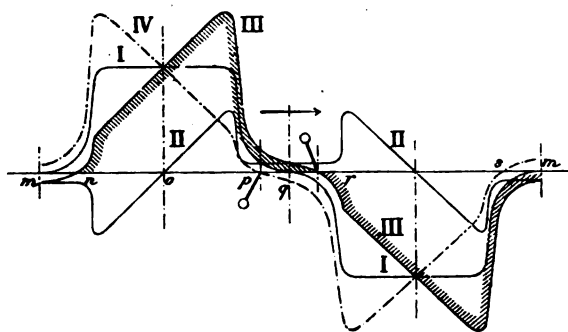
SUR LA COMMUTATION DANS LES DYNAMOS A COURANT CONTINU.

M. P. GIRAULT. — Le phénomène de la commutation dans les dynamos à courant continu est excessivement compliqué. Il faut, comme on le sait, effectuer un décalage tel que le courant dans la bobine en court-circuit change de sens et ait à la fin du court-circuit une valeur égale en grandeur et en sens à celle du courant qui traverse la portion de l'induit dans laquelle la bobine est sur le point d'entrer.

On en a déduit l'explication suivante du phénomène :

« On peut composer ensemble les flux dus respectivement à l'inducteur et à l'induit; on déterminera pour cela les valeurs des inductions propres à chacun de ces deux flux en chaque point de la périphérie de l'induit et on les ajoutera. La *fig. 1*, empruntée à

Fig. 1.



l'Ouvrage de M. Fischer-Hinnen, fournit un exemple de courbes de l'induction périphérique ainsi obtenues : la courbe I se rapporte au flux dû à l'inducteur, la courbe II au flux dû à l'induit ; la courbe III est la courbe du flux résultant obtenue en ajoutant les ordonnées des points de même abscisse des courbes I et II. Cette courbe III se rapporte à une génératrice dont le sens de rotation est indiqué par la flèche.

» Si nous appelons *ligne neutre*, tant pour la pleine charge que pour la marche à vide, la génératrice du cylindre induit pour laquelle l'induction périphérique est nulle, on voit que la ligne neutre, qui était en q lorsque le flux inducteur existait seul (marche à vide)

s'est déplacée dans le sens du mouvement et est venue en r pour la marche en charge.

» La courbe IV est celle du flux résultant dans le cas du moteur tournant dans le même sens que la dynamo, avec les mêmes polarités pour les inducteurs, ce qui exige un courant dans l'induit en sens contraire du précédent : cette courbe IV est symétrique de la courbe III par rapport au point q d'intersection de la ligne neutre primitive avec la périphérie développée de l'induit; en charge, la ligne neutre du moteur se déplace en p en arrière du mouvement.

» Dans les deux cas de la génératrice et du moteur, les décalages réels seront quelque peu supérieurs à ceux qr et qp ainsi obtenus : d'abord, parce que le déplacement des balais fournit une nouvelle composition des flux qui déplace encore davantage les lignes neutres; ensuite parce qu'il ne suffit pas d'être dans une région où la force électromotrice est nulle (par suite de la self-induction de la bobine en court-circuit, il est nécessaire, pour produire le renversement du courant, de créer dans cette bobine une force électromotrice convenable, ce qui exige que le calage des balais se fasse au delà de la ligne neutre). . . . »

Cette explication semble juste au premier abord; mais un examen un peu approfondi montre qu'elle est loin de donner satisfaction.

En effet, considérons la bobine en court-circuit et cherchons quelles sont les forces électromotrices induites dans cette bobine pendant la durée du court-circuit, ou encore les variations de flux qui l'affectent. Nous pouvons avec assez d'exactitude considérer séparément les différents flux qui traversent la bobine considérée et ajouter à chaque instant les forces électromotrices qui en résultent. Or ces flux sont :

1° Le flux dû à l'inducteur. Nous pouvons déterminer l'induction périphérique due à ce flux au moyen, par exemple, de la construction adoptée par M. Fisher-Hinnen. Ce flux demeure absolument fixe dans l'espace.

2° Le flux dû aux bobines de l'induit autres que celle en court-circuit. Si nous admettons le cas simple d'une seule bobine en court-circuit à la fois, nous voyons que les forces magnétomotrices

totales correspondant à ce flux demeurent constantes pendant toute la durée du court-circuit; par conséquent, les variations des réluctances offertes aux différents filets élémentaires de ce flux partant de la région occupée par la bobine en court-circuit seront seules capables de modifier les valeurs des inductions périphériques dues à ce flux dans cette région. Or, il est facile de voir que, si la zone neutre est assez étendue, ces réluctances demeureront sensiblement constantes lorsque ces filets se déplaceront en suivant le mouvement de rotation de l'induit.

Par conséquent, dans les conditions ordinaires, ce flux de l'induit n'a aucune action au point de vue de la commutation; nous verrons toutefois, un peu plus loin, qu'il y a certaines réserves à faire à ce sujet.

3° Le flux dû à la bobine en court-circuit elle-même : ce sont les variations de ce flux qui engendrent la force électromotrice de self-induction de cette bobine.

Nous voyons donc finalement que la bobine en court-circuit n'est soumise qu'aux variations de deux flux : le flux dû à l'inducteur et celui de la bobine elle-même; si nous mettons de côté certaines actions secondaires provoquées par le courant de l'induit et que nous examinerons plus loin, nous sommes tout naturellement conduit à la méthode donnée par M. Fisher-Hinnen; mais les expressions auxquelles on parvient s'appliquent seulement au cas simple où la résistance introduite dans la bobine du fait des balais est *constante* ou *constamment nulle*. Nous allons reprendre la méthode de M. Fisher-Hinnen en l'exposant d'une manière différente.

Soient dans un induit :

N le nombre total de conducteurs à la périphérie;

N_1 le nombre des sections de l'induit. Pour un induit lisse, $N_1 = N_2$;

pour un induit denté, N_1 est le nombre de dents;

N_2 le nombre de lames au collecteur;

E la différence de potentiel aux bornes, en volts;

I le courant total de l'induit, en ampères;

$2p$ le nombre de pôles;

$2p_1$ le nombre des tourillons du levier des balais; pour un induit en série, on a $2p_1 = 2$, quel que soit le nombre des tourillons;

r la résistance d'une bobine élémentaire comprise entre deux lames consécutives du collecteur $\left(\frac{N}{N_2} \text{ conducteurs}\right)$, en ohms;

L le coefficient de self-induction de cette bobine;

ϵE la chute ohmique de tension dans l'induit (0,02 à 0,05E), en volts;

$\epsilon' E$ la chute de tension totale dans l'induit, en volts;

d le diamètre extérieur de l'induit en centimètres;

l la longueur de l'induit en centimètres;

n la vitesse angulaire en tours par minute.

Considérons une bobine élémentaire en court-circuit à un instant t compté à partir du commencement précis de la mise en court-circuit de cette bobine, et soient :

I_t l'intensité dans cette bobine à l'instant t , en ampères;

E_t la force électromotrice, en volts, induite dans cette bobine par la variation du flux (dû à l'inducteur) qui la traverse; on suppose

E_t constante pendant toute la durée du court-circuit, ce qui n'est pratiquement vrai que si la machine a une large zone neutre et qu'on s'éloigne peu de la ligne neutre théorique;

θ la durée du court-circuit, en secondes.

Le flux dû à l'induit n'agissant pas dans le cas spécial considéré, on a évidemment à l'instant t pour le circuit formé par la bobine en court-circuit, et en supposant de plus que la résistance due aux balais soit constante :

$$(1) \quad E_t = L \frac{dI_t}{dt} + r I_t,$$

la résistance r comprenant la résistance due aux balais. L'intégration de cette équation linéaire du premier ordre nous donne

$$(1') \quad I_t = \frac{E_t}{r} + C e^{-\frac{r}{L}t}.$$

La constante C se détermine par les conditions initiales; au temps $t = 0$, on a

$$I_0 = \frac{1}{2\rho_1};$$

ce qui donne

$$C = \frac{1}{2\rho_1} - \frac{E_t}{r},$$

et, par suite,

$$(2) \quad I_t = \frac{E_t}{r} + \left(\frac{I}{2\rho_1} - \frac{E_t}{r} \right) e^{-\frac{r}{L}t}.$$

Pour que la rupture du court-circuit puisse s'effectuer sans étincelles, il faut qu'au temps $t = 0$ le courant ait même valeur que celle du courant circulant dans la portion de l'induit où la bobine va entrer; il faut donc que

$$I_0 = \frac{I}{2\rho_1},$$

ce qui nous donne dans l'équation (2)

$$(3) \quad E_t = -r \frac{I}{2\rho_1} \frac{1 + e^{-\frac{r}{L}t}}{1 - e^{-\frac{r}{L}t}}.$$

Telle est la valeur de la force électromotrice induite par la variation du flux inducteur et capable de produire une commutation sans étincelles; sa valeur étant déterminée, il suffit de chercher le point de la circonférence périphérique correspondant à cette valeur de E_t , ce qui peut se faire avec une approximation assez satisfaisante, comme nous le verrons tout à l'heure.

Pour la facilité du calcul, nous poserons (1)

$$(4) \quad \eta = \frac{1 + e^{-\frac{r}{L}t}}{1 - e^{-\frac{r}{L}t}};$$

(1) Le Tableau suivant donne les valeurs de η pour une série de valeurs de $\left(\frac{r}{L}t\right)$:

$\frac{r}{L}t$.	η .	$\frac{r}{L}t$.	η .	$\frac{r}{L}t$.	η .
∞	1,00	1,10	2,0	0,288	7
7,6	1,01	0,98	2,2	0,250	8
4,6	1,02	0,88	2,4	0,220	9
3,7	1,05	0,81	2,6	0,198	10
3,04	1,1	0,75	2,8	0,160	12,5
2,4	1,2	0,69	3,0	0,131	15
2,03	1,3	0,59	3,5	0,113	17,5
1,78	1,4	0,52	4,0	0,110	20
1,06	1,5	0,45	4,5	0,080	25
1,46	1,6	0,405	5,0	0,066	30
1,25	1,8	0,336	6,0	"	"

la formule (3) devient alors

$$(3') \quad E_i = -r \frac{I}{2\rho_1} \eta.$$

Cette formule montre que la force électromotrice E_i doit être négative, c'est-à-dire que le décalage doit se faire au delà de la ligne neutre. Elle montre de plus que la valeur de E_i est directement proportionnelle au produit $r\eta$; on doit donc chercher à rendre ce produit aussi petit que possible; mais, comme η varie en raison inverse de $\left(\frac{r}{L}\theta\right)$, ce seront surtout les facteurs L et θ qui influenceront sur la valeur de E_i : pour diminuer cette valeur, il faudra donc augmenter θ et réduire L le plus possible.

Calcul de r . — Le calcul de $\frac{r}{L}\theta$ est facile. On a d'abord

$$(5) \quad r = \frac{4\rho_1^2 \varepsilon E}{N_2 l} + r',$$

r' représentant la résistance supposée constante due aux balais.

Calcul de θ . — Si nous appelons :

γ la largeur de contact des balais sur le collecteur;
 γ_1 l'épaisseur de l'isolant entre deux lames du collecteur;
 d_1 le diamètre du collecteur; on a évidemment

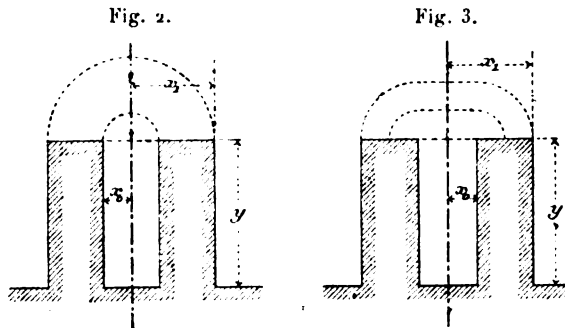
$$(6) \quad \theta = \frac{\gamma - \gamma_1}{\pi d_1 \frac{n}{60}}.$$

Calcul de L . — Pour le calcul de L , nous pouvons pratiquement admettre avec M. Fischer-Hinnen que les différents filets du flux dû à la bobine en court-circuit qui pourraient entrer dans les autres bobines sont à peu près complètement amortis par les enroulements de ces bobines. Il est évident que cette action amortissante de l'enroulement est loin d'être complète, surtout pour les filets les plus courts, et que l'hypothèse admise n'est par suite qu'approximative; cependant, on peut être amené à s'en contenter, si l'on considère que ces différents filets de flux se ferment : soit par l'air, et ils ont alors à vaincre des réluctances assez fortes (étant données les grandes longueurs de leurs lignes de force dans l'air) devant celles offertes au flux ramassé à la bobine elle-même; soit par les

inducteurs, et alors ils subissent une nouvelle action amortissante très accentuée de la part du métal des inducteurs, des carcasses de bobines si elles sont métalliques et aussi des enroulements inducteurs.

Induit denté. — Soit u le produit par $\frac{4\pi}{10}$ de la perméance du circuit magnétique d'une section de l'armature, circuit limité ici à une dent; u est donc le quotient du flux développé autour de cette section par le nombre d'ampèretours de cette section.

On a alors (*fig. 2*), pour les conducteurs du fond de la rainure



et en admettant la répartition de lignes de la *fig. 2*,

$$u = \frac{4\pi}{10} l \left[\int_{x_0}^{x_1} \frac{dx}{\pi x} + \frac{y}{2x_0} \right]$$

ou

$$u = \frac{4\pi}{10} l \left[\frac{2,3}{\pi} \log_{10} \left(\frac{x_1}{x_0} \right) + \frac{y}{2x_0} \right].$$

Mais il faut remarquer que si les conducteurs du fond de la rainure embrassent tout le flux, ceux extérieurs n'embrassent que la portion correspondant au premier terme de la parenthèse; et, comme la variation est linéaire, on a comme moyenne

$$(71) \quad u = \frac{4\pi}{10} l \left[\frac{2,3}{\pi} \log_{10} \left(\frac{x_1}{x_0} \right) + \frac{y}{2x_0} \right].$$

Telle est la formule donnée par M. Fischer-Hinnen pour les induits à denture ouverte. Mais il nous semble plus logique d'admettre comme répartition des lignes celle de la *fig. 3*, attendu que, pour ces solutions approximatives, il faut toujours choisir, parmi les répartitions qui semblent possibles, celle qui donne le plus

grand flux ; or, on voit que les filets de flux extérieurs sont tous respectivement plus courts dans le cas de la *fig. 3*, et de plus, la répartition admise est plus rationnelle que la précédente (*fig. 2*) en ce qu'elle ne laisse pas de vide demi-circulaire.

On a évidemment, dans ce second cas, pour les conducteurs du creux de la dent,

$$u = \frac{4\pi}{10} l \left[\int_{x_0}^{x_1} \frac{dx}{\frac{\pi}{2}(x - x_0) + 2x_0} + \frac{y}{2x_0} \right],$$

$$u = \frac{4\pi}{10} l \left\{ \frac{4,6}{\pi} \log_{10} \left[1 + \frac{\pi}{4} \left(\frac{x_1}{x_0} - 1 \right) \right] + \frac{y}{2x_0} \right\};$$

et finalement, en moyenne, pour la même raison que précédemment,

$$(7_2) \quad u = \frac{4\pi}{10} l \left\{ \frac{4,6}{\pi} \log_{10} \left[1 + \frac{\pi}{4} \left(\frac{x_1}{x_0} - 1 \right) \right] + \frac{y}{4x_0} \right\}.$$

Cette formule donne naturellement des résultats supérieurs à ceux de la précédente ; par exemple, si l'on prend

$$\frac{x_1}{x_0} = \frac{y}{2x_0} = 3,$$

on trouve

$$u = 2,32 l,$$

d'après la formule (7₁), et

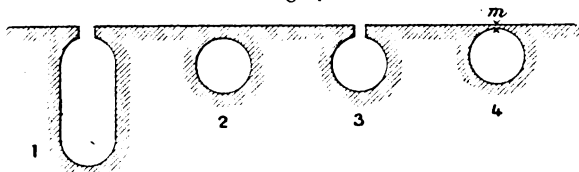
$$u = 2,64 l,$$

d'après la formule (7₂).

Autres dentures. — M. Fischer-Hinnen prend $u = 3l$ pour les dents à demi fermées, et $u = 3,5l$ pour les induits à trous.

Mais il sera bon de calculer la valeur de u dans chaque cas particulier, en s'inspirant de la marche suivie dans le cas de la denture

Fig. 4.

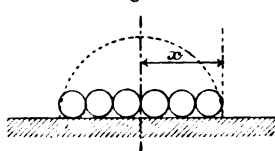


ouverte. Nous ferons remarquer que l'induit à trous ne doit être employé qu'à la condition d'échancrer les trous, comme en 3 (*fig. 4*), sans quoi L serait très grand ; la solution consistant à

placer les trous tout près de la périphérie semble devoir être rejetée, surtout pour les grosses machines, parce que, quelle que soit la perfection du travail, les différences sur l'épaisseur m deviennent très sensibles, ce qui donne un L variable pour les différentes bobines; la valeur de E_i ne serait plus constante pour tout l'enroulement, ce qui pourrait rendre impossible la marche sans étincelles.

Induit lisse (fig. 5). — On trouve facilement, en désignant par $2x$ la longueur occupée par chaque section suivant la péri-

Fig. 5.



phérie et en admettant des lignes de force de trajectoires demi-circulaires :

$$u = \frac{1}{2} \frac{4\pi}{10} \frac{l_2 x}{\pi x} = 0,4 l.$$

On voit que l'on n'a tenu compte que des conducteurs extérieurs dans ces différents calculs de L ; mais il serait facile de calculer de la même manière la self-induction provenant des conducteurs latéraux ou intérieurs.

Si alors nous appelons q le nombre de conducteurs *par section* ⁽¹⁾

$$(8) \quad q = \frac{N}{N_1},$$

le flux produit par la section considérée à l'instant t de son court-circuit sera

$$\Phi_t = q I_t u,$$

formule dans laquelle toutes les quantités sont exprimées en unités C.G.S. Le coefficient de self-induction par conducteur est donc

$$L_1 = \frac{\Phi_t}{I_t} = q u;$$

⁽¹⁾ q est, par exemple, le nombre de conducteurs par dent pour un induit denté, et le nombre de conducteurs par bobine élémentaire pour un induit lisse.

et comme il y a $\frac{N}{N_2}$ conducteurs *par bobine élémentaire*, le coefficient de self-induction L d'une bobine élémentaire sera

$$L = \frac{N}{N_2} L_1 = q \frac{N}{N_2} u \text{ cm.}$$

Ou si l'on pose

$$(9) \quad u = u' l,$$

et en passant aux unités C.G.S. pratiques,

$$(10) \quad L = u' l q \frac{N}{N_2} 10^{-8} \text{ henrys.}$$

Les formules (5), (6) et (10) permettent alors de calculer r , L et θ ; on en déduit $\frac{L}{r} \theta$, puis η et enfin E_i .

Détermination du décalage. — Elle revient à chercher le point de la périphérie de l'induit pour lequel l'induction périphérique $\mathfrak{w}_i$ en gauss due au flux inducteur est telle que l'on ait

$$E_i = \frac{N}{N_2} \mathfrak{w}_i l \pi d \frac{n}{60} 10^{-8} \text{ volts,}$$

d'où

$$\mathfrak{w}_i = \frac{E_i 10^8}{\frac{N}{N_2} l \pi d \frac{n}{60}} \text{ gauss.}$$

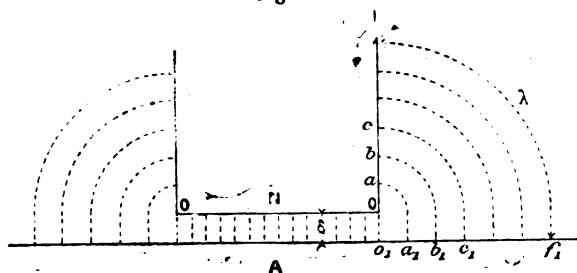
Il faut donc déterminer les valeurs de $\mathfrak{w}_i$ pour les différents points de la périphérie. Un procédé pratique permettant d'effectuer cette détermination d'une manière approximative a été indiqué sommairement par M. Fisher-Hinnen; nous allons l'exposer plus longuement afin d'en bien montrer le degré d'exactitude.

Considérons un pôle nord *N isolé* (*fig. 6*) et l'induit *A* développé et de longueur indéfinie. Nous pouvons imaginer la répartition suivante des lignes de force allant de *N* à *A* :

Ces lignes sont toutes parallèles entre elles et normales à la surface d'alésage du pôle pour l'entrefer proprement dit. En dehors du pôle, nous pouvons découper des petits filets de section constante, cette section étant la même pour tous les filets; ces filets partent, d'une part, du pôle *N*, aboutissent, d'autre part, à la surface périphérique de l'induit et doivent être normaux respectivement à ces deux surfaces équipotentiels. Ceci nous conduit à décrire du

sommet O de la corne polaire une série d'arcs de cercles concentriques et équidistants, à les arrêter à une distance δ de l'induit et à les prolonger en ces points par leurs tangentes qui seront en même temps, à très peu près, normales à l'induit. On voit que l'on ne perd pas d'espace en opérant de cette manière.

Fig. 6.



Les filets de flux ainsi obtenus partent tous d'une même surface équipotentielle N pour aboutir à une autre surface équipotentielle A ; ils présentent donc tous la même chute de potentiel magnétique pour leur longueur totale ; si donc on appelle :

λ la longueur développée d'un de ces tubes,

$\mathfrak{w}_\lambda$ l'induction constante comptée tangentiellement à la direction du tube en chaque point,

$\mathfrak{w}_e$ l'induction dans l'entrefer sous le pôle, on a

$$\mathfrak{w}_\lambda = \frac{\delta}{\lambda} \mathfrak{w}_e,$$

et $\mathfrak{w}_\lambda$ sera l'induction au point f , de la périphérie de l'induit correspondant au filet de flux de longueur λ .

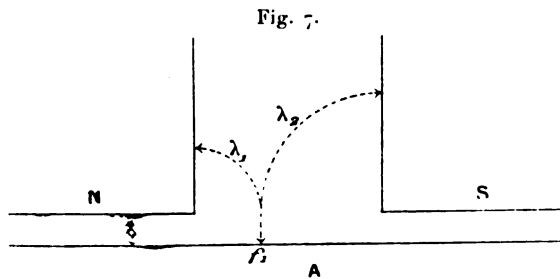
Nous voyons immédiatement que ce tracé des lignes de force n'est pas absolument exact, car si nous menons les lignes équipotentielles normalement aux lignes de force, la plupart d'entre elles viennent converger à la corne même en O ; mais on voit aussi que l'erreur commise est faible, car il suffit d'une très légère déformation de ces lignes pour les faire converger en un point quelconque du segment oo , qui est très court (¹).

(¹) On peut encore faire remarquer qu'on a admis une même force magnétomotrice pour tous les filets partant de N vers A, ce qui ne serait vrai que si les pôles sortaient de leurs bobinages d'une manière exagérée.

Il est d'ailleurs facile d'étendre cette méthode graphique à des pièces polaires de forme plus ou moins compliquée.

Si nous considérons un autre pôle S très éloigné du pôle N, nous aurons pour ce second pôle une répartition des lignes de force identique à la précédente; le sens seul en sera changé.

Le procédé employé par M. Fisher-Hinnen consiste à admettre que l'on peut superposer les deux états précédents lorsque les pôles se rapprochent l'un de l'autre. Autrement dit, en appelant (*fig. 7*)



λ_1 et λ_2 les longueurs des lignes issues des deux pôles et aboutissant en un même point f_1 de l'induit, on aurait

$$\mathfrak{W}_\lambda = \mathfrak{W}_{\lambda_1} - \mathfrak{W}_{\lambda_2} = \delta \mathfrak{W}_c \left[\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right].$$

Comme on le voit, on ne tient pas compte ainsi des lignes allant directement d'un pôle à l'autre et qui tendent à affaiblir l'induction dans les filets de flux allant des pôles à l'induit; on obtiendra donc pour $\mathfrak{W}_\lambda$ des valeurs trop fortes.

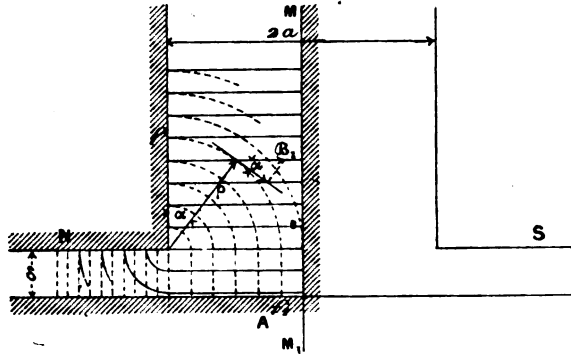
Le procédé suivant fournit, au contraire, des valeurs trop faibles :

On voit par raison de symétrie que la ligne neutre MM_1 est équipotentielle magnétique avec la périphérie de l'induit (*fig. 8*). La répartition des lignes de force dans la moitié de gauche de l'espace neutre doit donc être très sensiblement la même que si l'on avait un pôle N isolé et une surface en regard présentant le profil hachuré MM_1A .

Nous pouvons alors tracer deux séries de lignes : celles allant de N à M sous-indiquées en trait plein; celles allant de N à A sont en pointillé. Admettons que l'induction propre $\mathfrak{W}_1$ des lignes (N, M) n'est pas modifiée par leurs intersections continuelles avec les

lignes (N, A) et considérons le cas simple où le nombre des pôles est assez grand pour que l'on puisse considérer deux d'entre eux consécutifs comme parallèles. Soit une tranche quelconque d'un

Fig. 8.



filet de rayon ρ , cette tranche faisant un angle α avec la ligne verticale profilant le pôle; la projection de l'induction $\mathfrak{w}_1$ sur la direction des lignes du filet à l'endroit considéré est

$$\mathfrak{w}_1 \cos \alpha.$$

Si nous appelons $\mathfrak{w}_\lambda$ l'induction propre du filet (N, A), c'est-à-dire l'induction périphérique au point f_1 , nous aurons pour toute la longueur du filet ff_1

$$\int_{\alpha=0}^{\alpha=\frac{\pi}{2}} \rho \mathfrak{w}_1 \cos \alpha d\alpha + \frac{\pi}{2} \rho \mathfrak{w}_\lambda + \delta \mathfrak{w}_\lambda = \mathfrak{w}_e \delta.$$

$$\rho \mathfrak{w}_1 + \frac{2}{\pi} \rho \mathfrak{w}_\lambda + \delta \mathfrak{w}_\lambda = \mathfrak{w}_e \delta.$$

Or

$$\mathfrak{w}_1 = \mathfrak{w}_e \frac{\delta}{a},$$

en appelant $2a$ la distance interpolaire comptée suivant la périphérie. On a donc

$$\delta \mathfrak{w}_\lambda \left[1 + \frac{\pi}{2} \frac{\rho}{\delta} \right] = \mathfrak{w}_e \left[1 - \frac{\rho}{a} \right],$$

$$\mathfrak{w}_\lambda = \mathfrak{w}_e \frac{1 - \frac{\rho}{a}}{1 + \frac{\pi}{2} \frac{\rho}{\delta}}.$$

Pour un nombre de pôles quelconque, on doit pouvoir prendre d'une manière suffisamment approximative

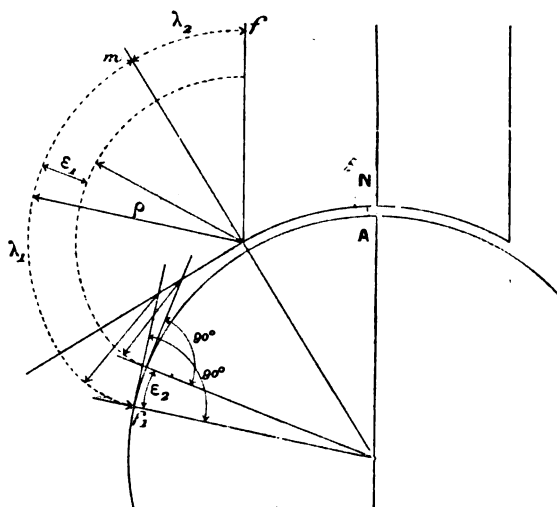
$$w_{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} w_e \frac{1 - \frac{\rho}{a}}{1 + \frac{\pi}{2} \frac{\rho}{\delta}},$$

w_{λ} étant l'induction en f_1 ,

$$\lambda_1 = \overline{f_1 m}, \quad \lambda_2 = \overline{m f}.$$

Les valeurs de ε_1 et ε_2 sont indiquées sur la *fig. 9*.

Fig. 9.



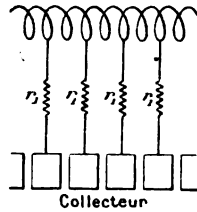
En résumé, nous pouvons déterminer, tout au moins d'une manière approximative, la valeur de l'angle de décalage dans le cas simple où la résistance des balais est négligeable et en admettant que le flux dû à l'induit reste invariable par rapport à l'induit pour la bobine en commutation pendant toute la durée du court-circuit et qu'il n'y a jamais qu'une seule bobine en court-circuit à un instant quelconque.

Nous allons maintenant examiner l'importance des différentes causes perturbatrices.

Résistance des connexions. — Nous étudierons tout d'abord, en nous conformant pour le moment à la manière de voir de M. Fisher-Hinnen, un procédé assez fréquemment adopté dans le but de

diminuer les étincelles aux balais ; il consiste à donner à chacune des lames de connexion reliant les extrémités des bobines élémentaires au collecteur une résistance r , assez importante devant la résistance r de la bobine élémentaire, mais faible devant celle de l'induit ; on emploie dans ce but des lames de connexion en nicke-line ou en kruppine (*fig. 10*). Il est facile de vérifier que ce procédé

Fig. 10.



revient à augmenter de $2r$, la résistance r de la bobine élémentaire dans les formules précédentes.

Nous avons vu (formule 3') que la valeur de la force électromotrice E_i , nécessaire pour produire la commutation, est directement proportionnelle au produit

$$r\eta = r \frac{1 + e^{-\frac{r}{L}\theta}}{1 - e^{-\frac{r}{L}\theta}};$$

il suffit donc d'étudier la variation du produit $r\eta$; on en déduit immédiatement celle de E_i . Cherchons les conditions à remplir pour que le produit $r\eta$ diminue lorsque r augmente ; si de telles conditions sont réalisables, le procédé précédent aura sa raison d'être, et l'on devra même prendre r tel que le produit $r\eta$ soit minimum. Prenons la dérivée de $r\eta$ par rapport à r , nous obtenons, toutes simplifications effectuées,

$$\frac{d(r\eta)}{dr} = \frac{1 - 2\frac{r}{L}\theta e^{-\frac{r}{L}\theta} - e^{-2\frac{r}{L}\theta}}{\left(1 - e^{-\frac{r}{L}\theta}\right)^2}.$$

La fonction $r\eta$ croît avec r lorsque cette dérivée est positive, c'est-à-dire (puisque le dénominateur est essentiellement positif) lorsque le numérateur est positif, soit quand

$$e^{-2\frac{r}{L}\theta} + 2\frac{r}{L}\theta e^{-\frac{r}{L}\theta} < 1.$$

Si nous posons

$$e^{\frac{r}{L}\theta} = x,$$

d'où

$$\frac{r}{L}\theta = \log_e x,$$

l'inégalité précédente devient

$$\frac{1}{x^2} + \frac{2}{x} \log_e x < 1,$$

ou

$$\log_e x < \frac{x}{2} - \frac{1}{2x}.$$

Or, il est facile de voir que cette condition est toujours satisfaite pour

$$x > 1,$$

c'est-à-dire pour

$$\frac{r}{L}\theta > 0;$$

l'inégalité ne se transforme en l'égalité correspondante que pour

$$x = 1,$$

c'est-à-dire pour

$$\frac{r}{L}\theta = 0.$$

Comme dans une machine on a toujours, quoi qu'on fasse,

$$\frac{r}{L}\theta > 0,$$

il en résulte que le produit $r\eta$ et, par suite, E_i croissent toujours avec r , pour des valeurs constantes de L et de θ . Il y aurait donc désavantage à augmenter la résistance r de la bobine en court-circuit puisque l'on augmente ainsi la valeur de E_i .

Mais il est vrai que l'augmentation de r s'oppose à ce que le courant prenne une trop grande valeur dans la bobine en court-circuit en cas de mauvais calage; nous le vérifierons pour les deux cas limites :

1° Supposons tout d'abord que les balais aient été calés pour la charge normale et que la charge devienne nulle. Nous avons pour

la première machine, d'après la formule (3),

$$E_i = -r \frac{I}{2\rho_1} \frac{1 + e^{-\frac{r}{L}\theta}}{1 - e^{-\frac{r}{L}\theta}},$$

et pour la seconde machine

$$E'_i = -r' \frac{I}{2\rho_1} \frac{1 + e^{-\frac{r'}{L}\theta}}{1 - e^{-\frac{r'}{L}\theta}},$$

formule dans laquelle

$$r' = r + 2r_1$$

d'après la *fig.* 10.

Les intensités correspondantes à la fin du court-circuit nous sont données par la formule (1'), dans laquelle la constante C sera déterminée par la condition que le courant est nul au temps $t = 0$; cela nous donne

$$C = -\frac{E_i}{r},$$

et, par suite,

$$I_0 = \frac{E_i}{r} (1 - e^{-\frac{r}{L}\theta})$$

pour la première machine, et de même

$$I'_0 = \frac{E'_i}{r'} (1 - e^{-\frac{r'}{L}\theta})$$

pour la seconde. En remplaçant dans ces deux dernières équations E_i et E'_i par leurs valeurs, il vient,

$$I_0 = -\frac{I}{2\rho_1} (1 + e^{-\frac{r}{L}\theta}),$$

$$I'_0 = -\frac{I}{2\rho_1} (1 + e^{-\frac{r'}{L}\theta}),$$

et l'on voit que l'on a en valeur absolue

$$I'_0 < I_0.$$

2° Supposons que les balais aient été calés sur la ligne neutre et que l'on charge la machine pour le courant normal. Nous avons pour les deux machines

$$E_i = E'_i = 0.$$

Nous aurons dans la formule (1')

$$C = \frac{1}{2\rho_1}$$

et par suite

$$I_0 = \frac{1}{2\rho_1} e^{\frac{r}{L}\theta}$$

$$I'_0 = \frac{1}{2\rho_1} e^{\frac{r'}{L}\theta}$$

et comme $r' > r$, on a évidemment

$$I'_0 < I_0.$$

En résumé, l'emploi de ce procédé présente avantage et inconvénient; ce qui sera dit plus loin au sujet de l'étendue de la zone neutre nous permettra de déterminer les cas où cet emploi se justifie : il faut pour cela que le supplément de décalage résultant de l'augmentation de r soit assez petit pour que la nouvelle position moyenne de la bobine en commutation ne corresponde pas à une région où la variation du flux inducteur soit trop rapide; autrement dit, il ne faut pas arriver près des pôles.

Nous verrons aussi que ce procédé convient surtout aux dynamos pourvues de balais peu résistants, c'est-à-dire le plus ordinairement aux machines à fort débit.

RÉSISTANCES AU CONTACT DES BALAIS.

Les balais des dynamos à courant continu ne peuvent pas être considérés comme introduisant une résistance constante dans le circuit de la bobine en commutation. Quoique n'ayant pas eu l'occasion de déterminer expérimentalement les valeurs relatives des résistances au contact et dans la masse des balais, nous croyons que les résistances au contact ont une réelle importance. En fait, on a deux résistances distinctes au contact, r_1 et r_2 (*fig. 11 et 12*), et ces résistances sont variables; dans les cas de balais homogènes présentant partout la même largeur d'appui sur le collecteur, les conductibilités $\frac{1}{r_1}$ et $\frac{1}{r_2}$ des deux contacts varient linéairement avec le temps et l'une croît de ce que l'autre diminue; on a

$$\frac{1}{r_1} = \alpha(\theta - t), \quad \frac{1}{r_2} = \alpha t,$$

α étant une constante donnée par l'expression

$$\alpha = \frac{\lambda(\gamma - \gamma_1)}{\theta \rho \mu}$$

dans laquelle

λ est la largeur du balai, en centimètres ;

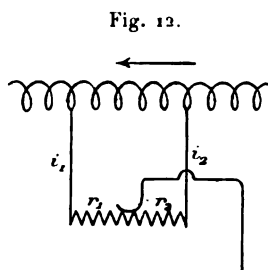
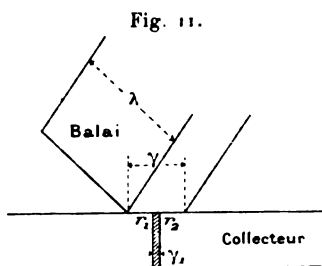
θ le temps du court-circuit, en secondes ;

γ l'épaisseur d'appui du balai, en centimètres ;

γ_1 l'épaisseur de l'isolant entre deux lames du collecteur, en centimètres ;

ρ la résistivité du contact, en ohms-centimètres ;

μ la longueur du contact, en centimètres.



Ces deux dernières quantités, ρ et μ , ne peuvent être évaluées séparément ; mais on peut déterminer par l'expérience la valeur du produit $\rho \mu$ en ohms-centimètres carrés ; cette valeur du produit $\rho \mu$ doit évidemment dépendre de la qualité du métal du collecteur et de celle des balais, de la vitesse périphérique du collecteur, de l'importance des vibrations ; nous admettons que, dans une machine fonctionnant bien, elle est indépendante des densités de courant aux contacts.

En fait, la valeur de α ainsi déterminée n'est pas absolument exacte ; il y a des cas, et ce doit être tout particulièrement celui des balais en charbon, où les résistances r'_1 et r'_2 relatives au corps même du balai pourront être relativement importantes devant r_1 et r_2 . Mais on en tiendra compte avec une approximation très suffisante en prenant d'une manière plus générale

$$\alpha = \frac{\lambda(\gamma - \gamma_1)}{\theta(\rho \mu + \rho' \mu')},$$

ρ' étant la résistivité du corps du balai, en ohms-centimètres ;

μ' la longueur libre du balai en dehors de son encastrement dans le porte-balai, en centimètres.

Les conductibilités variant linéairement, les résistances varient hyperboliquement :

$$(11) \quad r_1 = \frac{1}{\alpha(\theta - t)}, \quad r_2 = \frac{1}{\alpha t}.$$

D'autre part, en désignant (fig. 11 et 12) par i_1 l'intensité dans la branche r_1 et par i_2 l'intensité dans la branche r_2 , on a

$$(12) \quad i_1 = I_t + \frac{I}{2\rho_1},$$

$$(13) \quad i_2 = I_t - \frac{I}{2\rho_1},$$

et l'équation (1) se transforme comme suit :

$$L \frac{dI_t}{dt} + r I_t + r_1 i_1 + r_2 i_2 = E_i,$$

ou, en remplaçant i_1 et i_2 par leurs valeurs précédentes

$$(14) \quad L \frac{dI_t}{dt} + I_t(r + r_1 + r_2) + \frac{I}{2\rho_1}(r_1 - r_2) = E_i.$$

I_t représente l'intensité qui traverse, à l'instant t , les conducteurs de la bobine en commutation.

Malheureusement, cette équation différentielle ne se prête aisément au calcul que moyennant des hypothèses toutes particulières: par exemple, si nous supposons

$$r_2 = 0 \quad \text{et} \quad r = 0,$$

il reste simplement

$$\frac{dI_t}{dt} + \frac{I_t}{\alpha L} \frac{1}{\theta - t} = \frac{E_i}{L} - \frac{I}{2\rho_1} \frac{1}{\alpha L} \frac{1}{\theta - t}.$$

L'intégration de cette équation est alors facile; la constante étant déterminée par cette condition que $I_t = \frac{1}{2\rho_1}$ pour $t = 0$, on obtient

$$(15) \quad I_t = \frac{1}{2\rho_1} \left[2 \left(1 - \frac{t}{\theta} \right)^{\frac{1}{\alpha L}} - 1 \right] + \frac{\alpha \theta E_i}{1 - \alpha L} \left[\left(1 - \frac{t}{\theta} \right) - \left(1 - \frac{t}{\theta} \right)^{\frac{1}{\alpha L}} \right].$$

Il est facile de voir que le second terme du second membre de cette équation a toujours le signe E_i , et ceci quel que soit αL , qu'il

soit plus grand ou plus petit que 1 ou égal à 1. Par conséquent, si la force électromotrice E_i est négative, elle donnera à I_t une valeur d'autant plus proche de $-\frac{I}{2p_1}$ qu'elle sera elle-même plus grande; elle sera donc favorable, à la condition qu'elle ne dépasse pas une certaine valeur limite; si elle est positive, au contraire, elle sera défavorable. Ce résultat qualitatif est bien conforme aux faits. Mais la formule nous montre encore que l'on a toujours $I_0 = -\frac{I}{2p_1}$, quelle que soit la valeur de E_i ; si donc on admettait l'interprétation de M. Fisher-Hinnen (disant qu'il suffit que $I_0 = -\frac{I}{2p_1}$ pour qu'il n'y ait pas d'étincelles), aucune dynamo à courant continu ne devrait cracher, car nous allons voir que les résultats ainsi trouvés pour l'équation différentielle simplifiée (15) (r et $r_2 = 0$) s'appliquent également à l'équation générale (14).

En effet, l'influence du signe E_i au point de vue favorable ou défavorable est évidente, quelles que soient les valeurs de r et r_2 ; d'autre part, du moment que r , augmente d'une manière continue jusqu'à $+\infty$, toutes les autres grandeurs demeurant finies, le courant i , deviendra toujours nul pour $t = 0$.

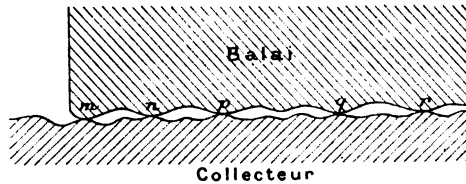
Il faut donc exposer le phénomène de la commutation d'une manière différente pour expliquer la formation des étincelles.

COMMUTATION ET PRODUCTION DES ÉTINCELLES.

Considérons la bobine en commutation (*fig. 11 et 12*); nous aurons *étincelles sous les balais*, soit en r_1 , soit en r_2 , lorsque la densité de courant Δ_1 ou Δ_2 à l'un de ces contacts dépassera une certaine valeur limite dépendant de la matière du collecteur, de celle des balais, de la qualité de l'isolant entre lames et de son épaisseur, de la vitesse périphérique du collecteur et de la pression d'appui des balais sur le collecteur. Tant que cette valeur limite de la densité de courant au contact n'est pas atteinte, les expressions précédentes de r_1 et r_2 semblent assez admissibles; on peut supposer, pour ces valeurs inférieures de la densité de courant, que le courant passe du collecteur au balai uniquement par les points de contact intime, par exemple en m, n, p, q, r (la *fig. 13* représente un agrandissement

schématique du contact). Pour la valeur limite de la densité, les quantités de chaleur dégagées par effet Joule aux points $m, n, p, q, r, \dots$ sont suffisantes pour échauffer l'air entourant ces différents points de contact et le rendre conducteur : on a alors étincelles sous les balais.

Fig. 13.



Les étincelles dites à la rupture ne sont ordinairement que la prolongation de celles créées sous les balais vers la fin du temps θ ; la valeur de r , diminuant du fait de ces étincelles, la commutation se trouve retardée et la densité Δ , augmente d'autant plus; de cette manière, $(\Delta)_\theta$ pouvant devenir très grand, on a, au dernier moment, un arc qui ne demande qu'à se prolonger et qui le fait d'autant mieux que i , a alors une valeur finie, car l'arc, une fois formé, s'approprie une certaine section, et $(r)_\theta$ n'est plus infini, comme nous l'admettons dans le cas ordinaire. D'ailleurs, toutes les conditions que l'on peut admettre pour une bonne machine se trouvent alors changées, et le calcul ne peut plus être d'aucune utilité.

Nous admettrons que, dans les bonnes machines, on n'a pas d'étincelles sous les balais en r , et que, par suite, la loi de variation hyperbolique de r , en fonction du temps est exacte. Il est évident, d'autre part, que les étincelles, à la fin du temps θ , auront une tendance d'autant plus grande à se produire que la valeur de r, i , au temps $t = 0$ sera plus grande, car il est facile de voir, et nous le vérifierons plus loin, que Δ , est proportionnel à r, i ; la meilleure position de calage des balais doit donc correspondre à

$$(r, i)_0 = 0.$$

Et, comme il est clair que les étincelles sous les balais, à la fin du temps θ , ne jailliront que si $(r, i)_\theta$ atteint une certaine valeur négative ou positive, ceci nous explique pourquoi la meilleure position de calage n'est qu'une position moyenne, c'est-à-dire que l'on peut décaler les balais un peu en deçà ou au delà sans obtenir d'étincelles.

Position moyenne de calage. — Nous venons de voir qu'elle correspond à

$$(15) \quad (r_1 i_1)_0 = 0.$$

Or, nous avons

$$r_1 i_1 = \frac{i_1}{\alpha(\theta - t)};$$

d'après la règle de l'Hospital, la vraie valeur de cette expression pour $t = \theta$ est

$$(r_1 i_1)_0 = - \frac{\left(\frac{di_1}{dt}\right)_0}{\alpha},$$

et, pour que cette quantité soit nulle, il faut et il suffit que

$$(16) \quad \left(\frac{di_1}{dt}\right)_0 = 0.$$

Or, si nous remplaçons I_t par sa valeur en fonction de i_t [tirée de la formule (12)] dans la formule générale (14), nous obtenons

$$(17) \quad L \frac{di_1}{dt} + i_1(r + r_1 + r_2) = E_i + \frac{I}{2p_1}(r + 2r_2).$$

Si nous faisons, dans cette équation,

$$t = \theta,$$

en y introduisant cette considération que

$$(i_1)_0 = 0,$$

il vient

$$\left(\frac{di_1}{dt}\right) \left(\frac{\alpha L - 1}{\alpha}\right) = E_i + \frac{I}{2p_1} r [r + 2(r_2)_0].$$

Pour que

$$\left(\frac{di_1}{dt}\right)_0 = 0,$$

il faut alors :

1° Ou que

$$\alpha L - 1 = \infty, \quad \text{soit} \quad \alpha L = \infty;$$

mais cette solution ne peut convenir, car $\left(\frac{di_1}{dt}\right)_0$ est alors nul, parce que i_t n'a jamais varié;

2° Ou que

$$(18) \quad (E_i) = - \frac{I}{2\rho_1} (r + 2r_2)_0$$

ou

$$(18') \quad (E_i) = - \frac{I}{2\rho_1} \left(r + \frac{2}{\alpha \theta} \right);$$

telle est la valeur de la force électromotrice E_i la plus favorable pour la commutation, *dans le cas de balais rectangulaires dont la section et la résistance au contact sont telles qu'il n'y ait jamais d'étincelles sous les balais*. Cette hypothèse étant admise, si nous remplaçons E_i par sa valeur (18) dans la formule (17), il vient

$$(19) \quad \frac{di_1}{dt} + \frac{i_1}{L} (r + r_1 + r_2) = \frac{I}{2\rho_1 L} \left(2r_2 - \frac{2}{\alpha \theta} \right).$$

Cette équation ne peut se ramener à une quadrature applicable que pour des valeurs entières de $\frac{1}{\alpha L}$; pour simplifier les calculs, nous prendrons de plus

$$r = 0;$$

cette hypothèse est assez admissible, r étant ordinairement très petit devant $(r_1 + r_2)$; l'équation (19) se réduit alors à

$$(20) \quad \frac{di_1}{dt} + \frac{i_1}{\alpha L} \left(\frac{1}{\theta - t} + \frac{1}{t} \right) = \frac{2}{\alpha L} \frac{I}{2\rho_1} \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{\theta} \right).$$

Si l'on pose

$$(21) \quad \frac{t}{\theta} = x,$$

l'intégration générale de cette équation donne

$$(22) \quad i_1 = \left(\frac{1-x}{x} \right)^{\frac{1}{\alpha L}} \left[C + \frac{2}{\alpha L} \frac{I}{2\rho_1} \int \left(\frac{x}{1-x} \right)^{\frac{1}{\alpha L} - 1} dx \right],$$

la constante C étant déterminée par la condition

$$i_1 = 2 \frac{I}{2\rho_1}$$

pour t ou $x = 0$.

Condition $\alpha L < 1$. — Il est facile de voir que cette condition doit toujours être réalisée. En effet, faisons dans la formule générale (19)

$$r = 0, \quad r_2 = 0.$$

Elle se réduit à

$$L \frac{di_1}{dt} + \frac{i_1}{\alpha(\theta - t)} = E_1,$$

d'où l'on obtient, par intégration (en posant $\frac{t}{\theta} = x$),

$$i_1 = \left(2 \frac{I}{2\rho_1} - \frac{\alpha\theta E_1}{1 - \alpha L} \right) (1 - x)^{\frac{1}{\alpha L}} + \frac{\alpha\theta E_1}{1 - \alpha L} (1 - x),$$

et, par suite,

$$(23) \quad r_1 i_1 = \left(\frac{2}{\alpha\theta} \frac{I}{2\rho_1} - \frac{E_1}{1 - \alpha L} \right) (1 - x)^{\frac{1}{\alpha L} - 1} + \frac{E_1}{1 - \alpha L}.$$

Il est facile de voir que cette valeur de $r_1 i_1$ devient infinie pour $t = \theta$, si l'on a

$$\frac{1}{\alpha L} - 1 < 0 \quad (1).$$

Ceci étant inadmissible, nous devons avoir

$$\frac{1}{\alpha L} - 1 \geq 0,$$

c'est-à-dire

$$(24) \quad \alpha L \leq 1.$$

Et cette condition devra avoir lieu *a fortiori* dans le cas général où r et r_2 ne sont pas nuls, puisque alors la valeur de i_1 et par suite celle de $r_1 i_1$ seront évidemment, à chaque instant, plus grandes que celles correspondant au cas théorique où r et r_2 sont nuls.

Nota. — Cette condition semble en contradiction avec la formule (18), car cette dernière a été établie sans tenir compte de la valeur du produit αL . Mais la contradiction n'est qu'apparente, car si l'on prend par exemple

$$\alpha L = 2,$$

(1) Il n'y a qu'un cas (dans l'hypothèse $\alpha L > 1$) où $(r_1 i_1)_0$ peut ne pas être infini; c'est quand

$$E_1 = \frac{2}{\alpha\theta} \frac{I}{2\rho_1} (1 - \alpha L).$$

Alors

$$(r_1 i_1)_0 = 2(r_2)_0 \frac{I}{2\rho_1}.$$

Mais ceci correspond à un état d'équilibre excessivement instable puisque, pour la plus légère variation de E_1 , la valeur de $(r_1 i_1)_0$ devient brusquement infinie.

dans l'équation (22), elle donne

$$i_1 = \frac{1}{2p_1} \left(\frac{1-x}{x} \right)^{\frac{1}{2}} \left[x^{\frac{1}{2}} (1-x)^{\frac{1}{2}} + \arcsin x^{\frac{1}{2}} \right],$$

et l'on a

$$\left(\frac{di_1}{dt} \right)_0 = -\infty.$$

La courbe correspondante de $\frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}}$ est indiquée en pointillé sur

la *fig. 14* (courbe 6); on s'est servi pour le tracé des valeurs calculées qui suivent :

x	$\frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}}$
0.....	2
$\frac{1}{8}$	1,833
$\frac{1}{4}$	1,657
$\frac{1}{2}$	1,285
$\frac{3}{4}$	0,854
$\frac{7}{8}$	0,580
1.....	0

Discussion de l'équation (22). — Cette équation, établie dans l'hypothèse $r = 0$, intégrée pour différentes valeurs entières de $\frac{1}{\alpha L}$ plus grandes que 1, nous donne :

1° Pour $\alpha L = 1$

$$(25) \quad \frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = 2(1-x).$$

Cette courbe est une droite AB limite supérieure des différentes courbes (voir *fig. 14*);

2° Pour $\alpha L = \frac{1}{2}$

$$(26) \quad \frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = -4 \left(\frac{1-x}{x} \right)^{\frac{1}{2}} [x + \log_e(1-x)];$$

3° Pour $\alpha L = \frac{1}{3}$

$$(27) \quad \frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = 6 \left(\frac{1-x}{x} \right)^3 \left[\frac{x(2-x)}{1-x} + 2 \log_e(1-x) \right];$$

4° Pour $\alpha L = \frac{1}{4}$

$$(28) \quad \frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = 8 \left(\frac{1-x}{x} \right)^4 \left[\frac{x(-x^2 + \frac{3}{2}x - 3)}{(1-x)^2} - 3 \log_e(1-x) \right],$$

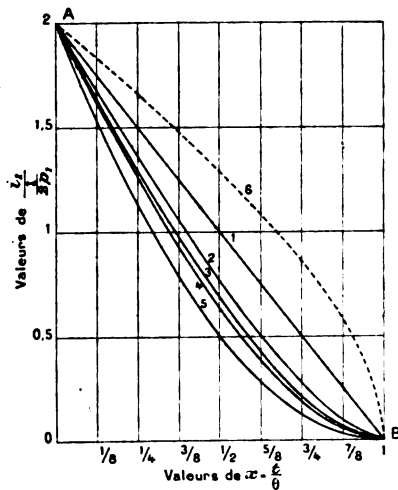
etc.

Enfin, pour $\alpha L = 0$ (cas purement théorique)

$$(29) \quad \frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = 2(1-x)^2.$$

Cette dernière courbe est une parabole, limite inférieure des

Fig. 14.



courbes précédentes. Son équation complète, dans le cas où r est pris différent de 0, est

$$(29') \quad \frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = \frac{2(1-x)^2}{r\alpha g x(1-x) + 1}.$$

Le Tableau ci-après donne une série de valeurs du rapport

$\frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}}$ calculées au moyen de ces formules pour des valeurs de x distantes de $\frac{1}{8}$, et cela pour différentes valeurs de αL ; les courbes de la fig. 14 ont été construites au moyen des nombres ainsi obtenus.

On remarquera que ces différentes courbes présentent toutes un point anguleux en A pour $x = 0$; ceci tient à ce que les conductibilités des branches r_1 et r_2 , qui étaient constantes avant le temps $t = 0$, varient linéairement à partir de ce moment. Il serait facile, en pratique, d'intégrer l'équation complète en prenant pour r sa valeur réelle et en prenant pour $\left(\frac{1}{\alpha L}\right)$ les deux valeurs entières les plus proches de la valeur trouvée.

Valeurs de $\frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}}$ en fonction de $x = \frac{t}{\theta}$ pour différentes valeurs de αL .

αL	1.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	0.
$x = \frac{t}{\theta} = 0$	2	2	2	2	2
$x = \frac{1}{8}$		1,672	1,626	»	1,532
$x = \frac{1}{4}$		1,357	1,288	1,270	1,126
$x = \frac{3}{8}$		1,055	0,971	0,927	0,782
$x = \frac{1}{2}$		0,773	0,682	0,6356	0,5
$x = \frac{5}{8}$		0,512	0,427	0,386	0,282
$x = \frac{3}{4}$		0,241	0,217	0,1885	0,125
$x = \frac{7}{8}$		0,0983	0,0650	0,0528	0,0312
1	0	0	0	0	0

Courbe limite supérieure
Droite $\frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = 2(1-x)$

Courbe limite inférieure
Parabole $\frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}} = 2(1-x)^2$

Les valeurs de i_1 une fois obtenues, on passe facilement à celles correspondantes de I_t et de i_2 au moyen des formules (12) et (13). On a

$$(30) \quad I_t = i_1 - \frac{1}{2p_1},$$

$$(31) \quad i_2 = i_1 - 2 \frac{1}{2p_1}.$$

Conclusions sur les résistances au contact des balais. — Les déductions précédentes montrent l'importance capitale que l'on doit attribuer aux résistances au contact et dans la masse des balais. On peut en déduire les lois pratiques suivantes :

1° Pour que la chute de tension $r_1 i_1$ ait une valeur finie pendant toute la durée de la commutation, il faut que l'on ait

$$\alpha L < 1,$$

ce qui peut s'écrire

$$(32) \quad \left(\frac{L}{\theta \frac{\rho \mu}{\lambda(\gamma - \gamma_1)}} = \frac{L}{\theta(r_2)_0} \right) < 1.$$

Cette équation considérée seule montre qu'il y a avantage pour n'importe quelle machine à diminuer L et à augmenter θ , ce qui est conforme aux faits; elle conduirait aussi à augmenter $(r_2)_0$, mais ce qui suit va nous indiquer qu'il peut y avoir intérêt à faire le contraire.

2° La valeur de la force électromotrice E_i (due à la variation du flux issu de l'inducteur) la plus favorable pour la commutation est

$$(33) \quad E_i = - \frac{1}{2\rho_1} [r + 2(r_2)_0].$$

Comme il faut s'éloigner le moins possible de la ligne neutre théorique lorsque l'on décale, ainsi que nous le verrons plus loin, il est bon de ne pas prendre une trop grande valeur pour $(r_2)_0$ ⁽¹⁾: par contre, d'après la formule (32) une faible valeur de $(r_2)_0$ peut conduire à une trop forte valeur de αL . Il faudra donc s'en tenir à un juste milieu suivant les cas.

3° Nous avons dit que *les étincelles sous les balais*, dans le cas où l'on a

$$\alpha L < 1,$$

sont dues à une trop grande valeur de la densité Δ_1 ou Δ_2 aux con-

⁽¹⁾ Au point de vue pratique, l'augmentation de $(r_2)_0$, ou autrement dit la diminution de α , n'entraîne pas forcément au décalage le plus favorable. Mais une raison qui s'oppose encore à cette augmentation de $(r_2)_0$ réside dans la forte chute de tension que l'on peut atteindre aux balais et qui est égale, par raison de symétrie, à $r_1 i_1 + r_2 i_2$, à chaque instant.

tacts; l'air environnant les points de contact intime peut se trouver échauffé suffisamment pour devenir conducteur. Il paraît possible de prévoir si une machine donnée, munie de balais déterminés, présentera des étincelles sous les balais; il suffirait pour cela de tracer les courbes représentatives des densités Δ_1 et Δ_2 pour toute la durée du court-circuit et de voir si l'on atteint la limite critique Δ_c dont nous avons parlé. Cette valeur limite de la densité doit être plus faible pour les bagues lisses d'alternateurs que pour les collecteurs (à égalité de vitesse périphérique et de pression d'appui et pour un même métal de la partie tournante et les mêmes balais, à cause des soubresauts provoqués par les isolants entre lames); pour obtenir des renseignements précis, il faudrait faire les déterminations de Δ_c en se servant de collecteurs dont les segments seraient court-circuités entre eux. Il y aurait sans doute aussi lieu de voir l'importance que l'on doit attribuer au sens du courant à cet égard.

Étant donnée la condition $\alpha L < 1$, toutes les courbes représentatives de i_1 se trouvent comprises entre la droite et la parabole de la *fig. 14*, en supposant un calage parfait; cherchons les valeurs maxima de Δ_1 et Δ_2 pour ces deux courbes :

Nous savons que les surfaces des contacts S_1 et S_2 ont pour expression

$$(34) \quad S_1 = \lambda(\gamma - \gamma_1)(1 - x),$$

$$(35) \quad S_2 = \lambda(\gamma - \gamma_1)x.$$

La droite de la *fig. 14* a pour équation

$$i_1 = 2 \frac{I}{2\rho_1} (1 - x);$$

on en déduit

$$\Delta_1 = \frac{i_1}{S_1} = 2 \frac{I}{2\rho_1} \frac{1}{\lambda(\gamma - \gamma_1)};$$

on a ensuite

$$i_2 = i_1 - 2 \frac{I}{2\rho_1} = -2 \frac{I}{2\rho_1} x;$$

d'où, en faisant abstraction du signe,

$$\Delta_2 = \frac{i_2}{S_2} = 2 \frac{I}{2\rho_1} \frac{1}{\lambda(\gamma - \gamma_1)}.$$

Les deux densités Δ_1 et Δ_2 sont donc constantes dans ce cas pour toute la durée du court-circuit et égales entre elles.

La parabole a pour équation

$$i_1 = 2 \frac{I}{2p_1} (1-x)^2.$$

On en déduit

$$\Delta_1 = 2 \frac{I}{2p_1} \frac{(1-x)}{\lambda(\gamma - \gamma_1)};$$

Δ_1 est donc maxima pour $x = 0$; on a

$$(\Delta_1)_{\max} = 2 \frac{I}{2p_1} \frac{1}{\lambda(\gamma - \gamma_1)},$$

puis Δ_1 diminue quand x augmente et devient nulle pour $x = 1$.

On a ensuite

$$i_2 = 2 \frac{I}{2p_1} x(x-2),$$

d'où

$$\Delta_2 = 2 \frac{I}{2p_1} \frac{(x-2)}{\lambda(\gamma - \gamma_1)};$$

Δ_2 est donc maxima pour $x = 0$ et l'on a, abstraction faite du signe,

$$(\Delta_2)_{\max} = 4 \frac{I}{2p_1} \frac{1}{\lambda(\gamma - \gamma_1)},$$

valeur double des autres valeurs maxima; puis Δ_2 diminue et devient nulle pour $x = 1$.

On évitera donc toute étincelle sous les balais si la densité limite Δ_i est telle que l'on ait

$$(36) \quad \Delta_i > 4 \frac{I}{2p_1} \frac{1}{\lambda(\gamma - \gamma_1)}.$$

Si l'on a simplement

$$(37) \quad \Delta_i > 2 \frac{I}{2p_1} \frac{1}{\lambda(\gamma - \gamma_1)},$$

on aura des étincelles sous les balais en r_2 , mais on n'en aura en r_1 que si l'échauffement de l'air en r_2 peut se propager à celui de r_1 . Au point de vue pratique, l'observation de la condition (36) donnera seule toute sécurité.

Défaut de calage. — Pour donner une représentation de ce qui se passe en cas de mauvais calage, reprenons nos deux cas limites en donnant à E_i une valeur quelconque :

1° Pour

$$L = 0,$$

l'équation (17) donne, en y faisant $r = 0$,

$$(38) \quad i_1 = \left(\frac{E_i}{(r_2)_0} \right) x + 2 \frac{I}{2\rho_1} (1 - x).$$

Si nous prenons successivement :

a. E_i trop fort, soit

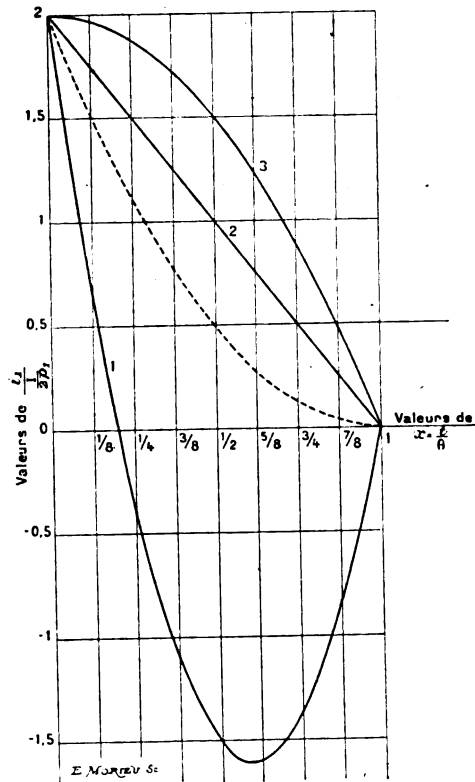
$$\frac{E_i}{(r_2)_0} = -10 \frac{I}{2\rho_1};$$

b. Puis

$$E_i = 0,$$

c'est-à-dire approximativement le cas du moteur de tramways (en

Fig. 15.



réalité, ce cas revient à celui où E_i est légèrement positif, c'est-à-dire légèrement défavorable);

c. Et enfin E_i positif, soit par exemple

$$\frac{E_i}{(r_2)_0} = + 2 \frac{1}{2p_1},$$

Nous aurons respectivement pour ces trois cas

a. (39) $\frac{i_1}{2p_1} = 10x^2 - 12x + 2,$

b. (40) $\frac{i_1}{2p_1} = 2(1-x),$

c. (41) $\frac{i_1}{2p_1} = 2(1-x^2).$

Les valeurs du Tableau ci-dessous, calculées à l'aide de ces trois formules, ont servi à tracer les trois courbes de la *fig. 15*.

Valeurs de $\frac{i_1}{2p_1}$ pour $L = 0$ et pour différentes valeurs de $\frac{E_i}{(r_2)_0}$.

$\frac{E_i}{(r_2)_0} =$	$-10 \frac{1}{2p_1}$	0.	$+ 2 \frac{1}{2p_1}$
$x = 0$	2	2	2
$x = \frac{1}{8}$	0,656		1,968
$x = \frac{1}{4}$	-0,375		1,875
$x = \frac{3}{8}$	-1,093		1,718
$x = \frac{1}{2}$	-1,5		1,5
$x = \frac{5}{8}$	-1,593		1,218
$x = \frac{3}{4}$	-1,375		0,875
$x = \frac{7}{8}$	-0,843		0,468
$x = 1$	0	0	0

S'annule pour $x = 1$.
Minimum ($-1,6$) pour $x = 0,6$.

Droite $\frac{i_1}{2p_1} = 2(1-x).$

2° Pour $\alpha L = 1$, l'équation (17) donne, en y faisant $r = 0$ et toutes intégrations effectuées,

$$(42) \quad i_1 = -\frac{1-x}{x} \left\{ \frac{E_i}{(r_2)_0} [x + \log_e(1-x)] + 2 \frac{1}{2p_1} \log_e(1-x) \right\}.$$

Si nous faisons encore successivement

- a. $\frac{E_i}{(r_2)_0} = -10 \frac{I}{2p_1},$
 b. $E_i = 0,$
 c. $\frac{E_i}{(r_2)_0} = +2 \frac{I}{2p_1},$

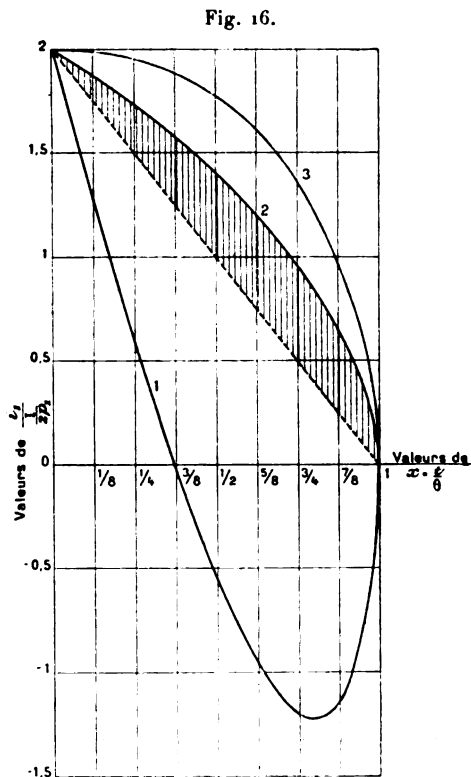
nous obtenons respectivement

a. (43) $\frac{i_1}{\frac{I}{2p_1}} = \frac{1-x}{x} [10x + 8 \log_e(1-x)],$

b. (44) $\frac{i_1}{\frac{I}{2p_1}} = -2 \frac{1-x}{x} \log_e(1-x),$

c. (45) $\frac{i_1}{\frac{I}{2p_1}} = -2 \frac{1-x}{x} [x + 2 \log_e(1-x)].$

Les valeurs du Tableau ci-après, calculées au moyen de trois



formules, ont servi à tracer les trois courbes de la fig. 16 :

Valeurs de $\frac{i_1}{\frac{1}{2p_1}}$ pour $\alpha L = 1$ et pour différentes valeurs de $\frac{E_i}{(r_2)_0}$.

$\frac{E_i}{(r_2)_0} =$	$-10 \frac{1}{2p_1}$	0.	$+2 \frac{1}{2p_1}$
$x = 0$	2	2	2
$x = \frac{1}{8}$	1,272	1,869	1,989
$x = \frac{1}{4}$	0,595	1,726	1,952
$x = \frac{3}{8}$	-0,0168	1,566	1,883
$x = \frac{1}{2}$	-0,545	1,386	1,773
$x = \frac{5}{8}$	-0,958	1,177	1,604
$x = \frac{3}{4}$	-1,197	0,924	1,348
$x = \frac{7}{8}$	-1,126	0,594	0,938
$x = 1$	0	0	0

L'inspection des courbes des *fig.* 15 et 16 nous montre que la valeur de $\left(\frac{di_1}{dt}\right)_0$ n'est plus nulle dès qu'on ne prend pas pour E_i la valeur la plus favorable; il en est donc de même pour

$$(r_1 i_1)_0 = \frac{-\left(\frac{di_1}{dt}\right)_0}{\alpha},$$

et, par suite, aussi pour $(\Delta_1)_0$, puisque

$$\Delta_1 = k(r_1 i_1).$$

Cependant, tant que Δ_1 et Δ_2 seront inférieures à Δ_c , on pourra avoir une marche sans étincelles sous les balais, à la condition que $r_1 i_1$ ne prenne à aucun moment une valeur telle qu'une étincelle puisse jaillir entre les surfaces de balai et de collecteur en contact (considérations de distances explosibles). Du reste, pour les balais habituels, les étincelles sous balais, du fait de la trop grande densité, se produisent toujours avant les autres.

Cas du moteur de tramway. — Ce cas correspond sensiblement à

$$E_i = 0.$$

Toutes les courbes correspondantes de i , pour de tels moteurs marchant bien ($\alpha L < 1$) seront comprises entre les courbes 2 des *fig.* 15 et 16, c'est-à-dire dans la zone hachurée de la *fig.* 16, et l'on voit que la densité Δ , et la différence de potentiel r, i , seront d'autant plus faibles qu'on se rapprochera davantage de la droite 2 de la *fig.* 15, c'est-à-dire de $\alpha L = 0$. Ceci explique nettement l'avantage marqué des balais de charbon pour ces moteurs, puisque l'on diminue par leur emploi la valeur de

$$\alpha = \frac{1}{\theta(r_2)_0}$$

en augmentant la valeur de $(r_2)_0$ et ordinairement en même temps que celle de θ .

Il est facile de voir que la valeur de r, i , (et aussi celle de Δ , qui lui est proportionnelle) est la plus grande pour $x = 1$; or, nous tirons de la formule générale (17), en y faisant $x = 0$, en remplaçant r_1 et r_2 par leurs valeurs et en tenant compte de ce que $(i_1)_0 = 0$:

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_0 = -\alpha \frac{E_i + \frac{1}{2\rho_1}\left(r + \frac{2}{\alpha\theta}\right)}{1 - \alpha L};$$

on en déduit

$$(46) \quad (r, i)_0 = \frac{E_i + \frac{1}{2\rho_1}\left(r + \frac{2}{\alpha\theta}\right)}{1 - \alpha L}.$$

Il suffira alors de s'arranger de telle façon que $(r, i)_0$ ait une valeur assez faible pour que le Δ , correspondant soit plus petit que Δ_r .

De même, il est possible de réaliser des machines marchant sans étincelles, même avec des valeurs positives de E_i (décalage défavorable); il suffit pour cela que αL soit assez petit, de manière que $(\Delta_1)_0$ ne dépasse pas Δ_r . Cela est bien vrai, puisque, d'après l'examen des courbes 2 et 3 des *fig.* 15 et 16, on a toujours

$$(\Delta_1)_0 > (\Delta_1)_r,$$

quel que soit t .

Nature et forme des balais. — Nous venons d'expliquer l'avantage que présentent les balais en charbon par la diminution qu'ils

procurent du produit

$$\alpha L = \frac{L}{\theta(r_2)_0}.$$

Comme nous l'avons vu, cet avantage se généralise, sauf dans le cas où, par suite de l'augmentation de $(r_2)_0$, la valeur la plus favorable de E_i correspondrait à un rapprochement par trop excessif des masses polaires pour la bobine en commutation.

L'importance de la valeur de $\frac{L}{\theta(r_2)_0}$ se comprend aisément : en effet, si $(r_2)_0$ est petit, on comprend qu'au commencement la commutation sera assez lente, puisque le rapport des résistances apparentes offertes au courant augmente ou diminue en même temps que le rapport

$$\frac{r_1 + mL}{r_2},$$

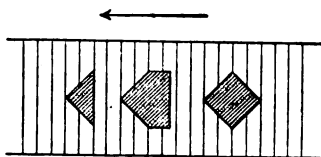
où m serait une constante ; et ce rapport est évidemment d'autant plus grand, pour une valeur de α donnée, que $(r_2)_0$ est plus petit ; puis la commutation s'achèvera avec des variations très grandes des courants vers la fin du temps 0, parce que r_1 tend alors très rapidement vers l'infini. Il s'ensuit à ces derniers instants des valeurs très grandes de $r_1 i_1$ et de Δ , et, par suite, des étincelles sous les balais et à la rupture. D'ailleurs, on remarquera que dès que les étincelles se produisent en r_1 , elles modifient complètement l'état de chose théorique que nous avons admis et cela dans un sens défavorable, puisqu'elles entraînent une diminution certaine, quoique non accessible au calcul, de r_1 .

La production d'étincelles sous les balais en r_2 peut, au contraire, favoriser la diminution de i_1 , à la seule condition que l'échauffement dû en r_2 à ces étincelles ne se transmette pas à la région r_1 ; cette condition sera d'autant mieux remplie que l'épaisseur de l'isolant entre lames sera plus grande ⁽¹⁾. Dans ce même ordre d'idées (diminution de r_2 seul) on comprend le rôle favorable des balais sectionnés à résistivités croissantes dans le sens du mouvement ; on imaginerait facilement, comme remplissant le

(1) Néanmoins ces étincelles doivent toujours être évitées, autant que possible, car elles ont le désavantage de manger le collecteur.

même office, des sections de balais telles que celles de la *fig. 17*. De même, on pourrait préconiser l'emploi de balais métalliques et

Fig. 17.



en charbon juxtaposés, les surfaces d'appui des balais en charbon débordant de beaucoup en avant et très peu en arrière celles des balais métalliques (*fig. 18*); ceci semble surtout applicable aux machines à forte intensité.

Fig. 18.



Dans ce cas, en faisant déborder les balais C un peu en arrière on évite, dans une certaine mesure, de manger, par les étincelles, les arêtes de sortie des lames du collecteur lorsque la valeur de $(\Delta_2)_{t=0}$ est trop forte.

Épaisseur γ des balais. — Nous avons

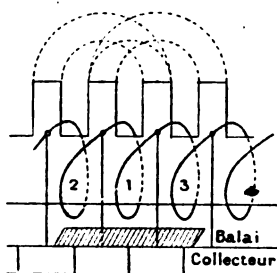
$$\alpha L = \frac{L}{\theta(r_2)_0}.$$

Or, si nous augmentons l'épaisseur des balais, le temps θ augmente et $(r_2)_0$ diminue, mais le produit $\theta(r_2)_0$ reste constant. Par suite, αL conserve la même valeur : la courbe représentative de i , reste donc la même, mais la graduation des abscisses se trouve allongée dans le rapport du second temps θ au premier; les valeurs de ρ , i , et des densités Δ_1 et Δ_2 diminuent dans le même rapport, ce qui recule la charge limite sans étincelles. De plus, $(r_2)_0$ diminuant, la valeur de E_i la plus favorable diminue également, ce qui conduit à un décalage moindre pour les balais. Il y a donc avantage, à tous

égards, à augmenter l'épaisseur des balais dans le cas simple où il n'y a qu'une bobine en court-circuit à la fois ; mais que se passe-t-il quand un balai peut recouvrir plus de deux lames du collecteur ?

Dans ce cas, supposons que nous puissions avoir, à un moment donné, trois bobines en commutation ; ces bobines seront à des phases très différentes de leur court-circuit : en partant de la bobine étudiée 1 (fig. 19), la bobine d'avant 2 sera à la fin de son court-

Fig. 19.

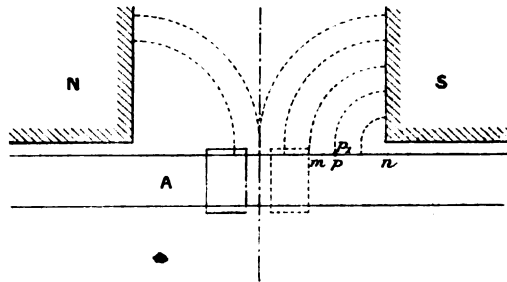


circuit, la bobine d'arrière 3 au commencement du sien ; il est facile de voir que les forces électromotrices, induites dans la bobine 1 par induction mutuelle des bobines 2 et 3, sont toutes les deux défavorables, dans le cas d'une dynamo comme dans celui d'un moteur. Mais il faut remarquer que les valeurs moyennes de ces forces électromotrices d'induction mutuelle sont de beaucoup inférieures à celle de la force électromotrice de self-induction, puisque les flux qui les produisent ont à vaincre des réluctances beaucoup plus grandes ; d'autre part, chacune d'elles n'agit que pendant une fraction du temps θ . Si donc la variation du courant I_1 était et restait linéaire pendant toute la durée du court-circuit, on pourrait dire avec certitude qu'il y a avantage à augmenter θ , puisque l'on diminuerait la valeur constante de $\frac{dI}{dt}$ dans le rapport des valeurs de θ , tandis que la quantité $\frac{L_1 + M_{1,2} + M_{1,3}}{L_1}$ augmenterait dans un rapport moindre ; en pratique, c'est ce que l'on constate ordinairement : on diminue presque toujours le décalage et les étincelles en augmentant la largeur d'appui des balais sur les collecteurs. Mais si les balais deviennent tellement larges que leurs extrémités d'avant se rapprochent par trop de la corne polaire en regard, le

flux propre de l'induit peut avoir une influence très défavorable, comme nous allons le voir.

Influence du flux propre de l'induit. — Admettons, pour fixer les idées, une représentation du flux propre de l'induit analogue à celle employée pour le flux inducteur (*fig. 20*); nous emploierons,

Fig. 20



par exemple, pour cela une série d'arcs de cercles représentant les lignes de force. La flèche indique le sens de rotation. Pour toute la portion mn de l'induit, comprise entre la bobine en commutation à la fin du court-circuit et la corne polaire, les lignes demeureront identiques à elles-mêmes pour n'importe quel point fixe p , de l'espace coïncidant avec un point p de cette région de la périphérie à un instant considéré; en effet, la réluctance opposée au filet partant de ce point demeure constante ainsi que la force magnétomotrice qui lui est appliquée. Il en est de même pour tous les points de la région mm , tant qu'ils ne sont pas dans la bobine en court-circuit. Par conséquent, le flux propre de l'induit peut être considéré comme fixe dans l'espace pour tous les points de la périphérie compris entre la bobine en court-circuit et la corne polaire, et cela à un instant quelconque de la rotation.

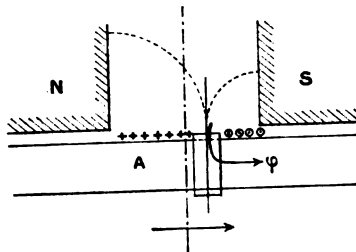
Mais il n'en est plus de même pour la région correspondant à la bobine en court-circuit :

Cas d'une dynamo (fig. 21). — La réluctance moyenne des filets partant d'un point de la région de la bobine diminue, et diminue surtout pour la portion de droite de la bobine; si la force magnétomotrice demeurerait constante, cela reviendrait à une augmentation du flux φ dans cette section et cette augmentation provoquerait dans la bobine en court-circuit une fonction électro-

motrice tendant à s'opposer à cette augmentation, c'est-à-dire défavorable.

Mais, en réalité, la force magnéto-motrice diminue pour la région de droite de l'induit, tandis qu'elle augmente pour la région

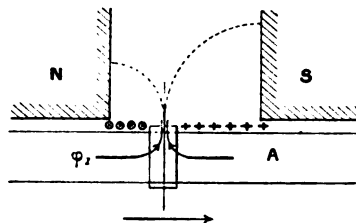
Fig. 21.



de gauche; si la réluctance des filets demeurerait constante, il en résulterait une diminution du flux φ et par suite une force électromotrice favorable.

Cas du moteur (fig. 22). — On voit que la réluctance moyenne des filets augmente si le décalage est en arrière et qu'elle augmente

Fig. 22.



surtout pour la portion de gauche de la bobine; si la force magnéto-motrice demeurerait constante, cela reviendrait à une diminution du flux φ_1 , qui provoquerait dans la bobine une force électromotrice tendant à s'opposer à cette diminution, c'est-à-dire défavorable.

Mais, en réalité, la force magnéto-motrice diminue pour la région de droite de l'induit, tandis qu'elle augmente pour la région de gauche; si la réluctance des filets demeurerait constante, il en résulterait une augmentation du flux φ , et par suite une force électromotrice favorable.

On voit donc, dans le cas de la dynamo comme dans celui du moteur, qu'il y a deux effets contraires; mais, comme on est

conduit, d'autre part, à diviser l'induit le plus possible, la variation de la force magnéto-motrice ne sera jamais bien grande; ce sont donc les variations de réluctance qui l'emporteront défavorablement et de beaucoup; comme il est du reste facile de voir que ces variations des réluctances sont d'autant plus grandes que l'on se rapproche davantage de la corne polaire, on est conduit, pour en diminuer l'importance, à employer des intervalles interpolaires (zone neutre) très étendus; en même temps, afin de ne pas trop s'éloigner de la ligne neutre pour trouver la valeur de E_i la plus favorable, on est conduit à employer des entrefers assez réluctants; d'autre part, comme les variations de flux qui résultent de ces variations de réluctance sont proportionnelles à la force magnéto-motrice de l'induit qui, comme nous l'avons vu, ne varie que très peu pendant le court-circuit, il faudra éviter un nombre d'ampère-tours d'induit excessif. Il est regrettable que la théorie ne nous conduise pas à des règles absolues permettra d'assigner des valeurs limites aux divers facteurs de construction caractérisant une dynamo à courant continu, relativement aux effets secondaires que nous venons d'énumérer (¹). Elle ne nous fournit que des indications générales; on peut cependant citer, comme se rapportant assez exactement aux types actuels de dynamos, les deux règles suivantes citées par Gisbert Kapp dans son nouvel Ouvrage *Constructions électro-mécaniques*, mais qui, par suite même du manque de quantitativité de nos dernières déductions, ne peuvent être considérées que comme purement empiriques :

1° La règle relative à la détermination de la limite supérieure du nombre des ampère-tours d'induit compatible avec un fonctionnement sans étincelles; cette règle exprime que l'induction due à l'enroulement de l'induit sous une corne polaire doit être inférieure à celle due au flux inducteur.

En désignant par :

$\mathfrak{W}_e$ l'induction dans l'entrefer, en gauss;

X_i les ampère-tours transversaux (intensité par conducteur en ampère $\times$ nombre de conducteurs sous un pôle);

(¹) Cependant, dans la plupart des machines bien établies, ces effets secondaires ont bien peu d'importance.

X_e les ampère-tours nécessaires au passage du flux inducteur dans l'entrefer; la condition pour une marche sans étincelle est donnée par

Induits en tambour	$2000 \leq 10b_e \frac{X_e - X_t}{X_e}$
Induits en anneau	$3000 \leq 10b_e \frac{X_e - X_t}{X_e}$

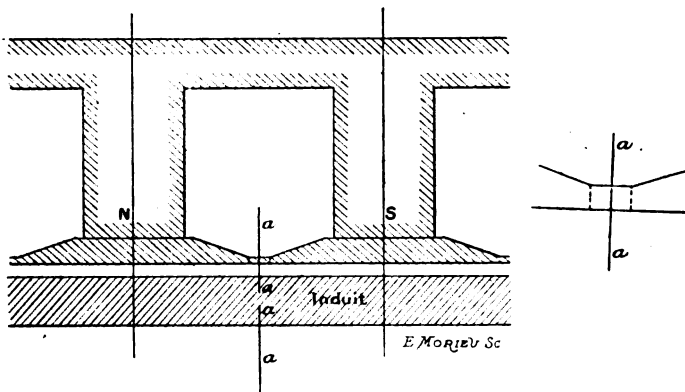
2° La règle relative à l'étendue de la zone neutre : la distance interpolaire doit être égale à dix à douze fois la longueur radiale d'entrefer.

Épanouissements polaires. — Un grand nombre de maisons de construction ont essayé des épanouissements polaires très développés; le raisonnement suivi fut sans doute le suivant :

« Dans toutes les machines, le décalage le plus favorable est obtenu avant d'arriver à la corne polaire d'avant, ou, au plus, à cette corne; si donc nous développons énormément les pièces polaires, le décalage deviendra d'autant plus petit, les contre-ampèretours se trouveront par cela même diminués, etc.... »

Sur cette idée même, l'*Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft* fit breveter la disposition dite *anneau polaire* (fig. 23), dans laquelle

Fig. 23.



les épanouissements de deux pôles voisins venaient se confondre; seulement, afin de réduire la perte de flux résultant de ce court-circuit magnétique, l'anneau était aminci et percé de trous à l'endroit de la ligne neutre théorique. Ayant ainsi réduit à une valeur

nulle la largeur de l'espace interpolaire, on devait, d'après le raisonnement précédent, obtenir un décalage nul pour toutes les charges. Mais l'*Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft* a su renoncer bien vite à ce dispositif spécial.

Les désavantages des faibles espaces interpolaires se conçoivent aisément : en effet, les variations du flux propre de l'induit dans la bobine en commutation deviennent très importantes quand on se rapproche ainsi des pôles; mais, de plus, on comprend que les plus petites imperfections de construction s'accroissent : on a, d'une part, les différences sur le rayon du noyau de fer de l'induit qui peuvent suffire à donner des valeurs très différentes à E_i aux divers points de la périphérie de l'induit pour une même position relative par rapport aux pôles; d'autre part, même en supposant le tournage et l'alésage absolument parfaits, il y a encore l'équidistance rigoureuse des conducteurs à la périphérie, la forme absolument identique des extrémités polaires, le calage absolument symétrique des balais par rapport aux différents pôles, toutes choses qui, par l'impossibilité de leur réalisation vraiment rigoureuse, font que E_i n'est pas le même pour les différentes bobines et que les variations de cet E_i pour les différentes bobines sont très grandes, justement à cause de la région où l'on se trouve. Les bobines ayant toutes un E_i particulier et relativement très différent (à cause de la faible valeur de E_i la plus favorable ordinairement nécessaire) de celui des autres, on ne peut obtenir ainsi une marche sans étincelles.

Dans un ordre d'idées analogues, l'enroulement proposé récemment par Mordey ne doit pas convenir aux grosses machines par cela même qu'il renvoie les spires de la bobine en commutation près des pôles.

En terminant, nous attirerons l'attention sur ce fait bizarre que, d'après les déductions précédentes, il ne semble pas impossible de réaliser des machines pour lesquelles il pourrait y avoir, suivant la locution admise, *renversement de polarité aux cornes d'entrée* et qui fonctionneraient sans étincelles, et cela à cause de l'entraînement qui peut être à peu près complet du flux de l'induit avec l'induit pour la bobine en commutation; en employant une large zone neutre, un sectionnement suffisant de l'induit et des

balais dont les résistances r_1 et r_2 varieraient progressivement, ce problème, paradoxal d'après la théorie généralement admise, doit être possible. On devrait surtout avoir l'espoir d'arriver à un bon résultat par l'emploi de balais en charbon.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Girault.

La séance est levée à 10^h 35^m du soir.



REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS.

I. Incandescence de l'osmium. — Le Dr Auer von Welsbach propose d'utiliser l'osmium, pur ou allié au ruthénium, dans les lampes à incandescence; l'osmium résisterait aux températures auxquelles le platine fond ou se volatilise, et serait supérieur au charbon comme pouvoir émissif. Le même savant aurait reconnu qu'un fil de platine, revêtu d'une couche de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'oxyde de thorium, peut être parcouru sans se rompre par un courant suffisant pour donner une lumière éblouissante; à plus forte raison obtient-on une belle lumière en substituant au platine des alliages moins fusibles.

(Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.)

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

7/4. — Frein électromagnétique de « l'Union »; *F. Kubierscky*. — L'énergie électrique au point de vue juridique; *F. Meili*.

14/4. — Chemin de fer à voie étroite de la sucrerie « Groenendijk », en Hollande; *J. Werther*. — Simplification des récepteurs pour téléphonie sans fils; *H. Rupp*. — Proposition pour le calcul de la dispersion dans les transformateurs; *G. Kapp*.

21/4. — Pertes dans le fer des dynamos; *G. Dettmar*.

28/4. — Éclairage des trains, système Dick. — Récepteur Morse de la République Argentine. Mécanique de l'électricité de frottement; *J. Weyde*.

AMÉRIQUE.

Electrical World.

9/4. — Transformateurs du Niagara; *J. Peck*. — Photométrie dans les stations centrales; *B. Speed*. — Équipement du croiseur *Chûose*; *G. Dickie*.

16/4. — Réglage et protection des moteurs; *H. Cutter*.

23/4. — Tramways à conducteur sectionné; *G. Hantchet*.

31/3. — Installations téléphoniques; *A. Dobbs*. — Moteurs Crocker Wheeler; *G. Dunn*. — Distribution monocyclique à Middletown.

Electrical Engineer.

7/4. — Transmissions dans les tanneries. — Installations téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*. — Système Murphy pour contacts superficiels. — Moteurs Crocker Wheeler (*suite*); *G. Dunn*.

14/4. — Installations téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*. — Moteurs Crocker Wheeler (*suite*); *G. Dunn*.

21/1. — Installations téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*. — Statistique des stations centrales anglaises; *C. Doyly*. — Moteurs Crocker Wheeler (*suite*); *G. Dunn*.

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

Octobre 1897. — Moteurs d'induction; *C. Steinmetz*. — Nouvelle bobine d'induction; *E. Thomson*. — Décharge d'un condensateur; *Mac Farlane*. — Sur les matières

isolantes; *Bates et Barnes*. — Inductance des armatures; *Goldsborough*. — Sur les compteurs; *Haskins*. — Sur les avertisseurs d'incendie; *Bosch*. — Sur la traction électrique; *Gerry*. — Lampes à arc enfermées; *Freedmann, Burroughs et Rapaport*. — Transformateur rotatif; *Owens, Hawksworth et Doubrava*. — Cuisine électrique; *Jackson*.

Novembre 1897. — Code national.

Janvier 1898. — Traction électrique par câbles; *R. Lamb*. — Commutation sans étincelles; *T. Reid*.

Réglage de la vitesse des installations hydrauliques; *M. Repogle*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

8/4. — Notes sur la mesure de la capacité des câbles enroulés; *A. Dearlove*. — Indicateur enregistreur Little. — Prix de la production et de la distribution de l'énergie; *R. Hammond*. — Expériences sur la télégraphie par étincelles; *K. Strecker*. — Extension de la théorie de Maxwell à la dispersion, à la réflexion métallique; *E. Edser*. — Charbons à lumière et autres; *F. Jehl*.

15/4. — Prix de la production et de la distribution de l'énergie (*suite*); *R. Hammond*. — Les écrans magnétiques; *H. du Bois*. — Charbons à lumière; *F. Jehl*. — Emploi pratique des courants polyphasés; *E. Hawkins*.

22/4. — Grues électriques; *J. Statter*. — Riveuse électrique; *V. Koloditsch*. — Expériences sur la commutation des dynamos et des moteurs; *W. Everett et H. Peake*. — Formes commerciales des résistances; *L. Atkinson*.

29/4. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*. — Production électrolytique des oxydes métalliques. — Notes sur les tramways électriques; *P. Cardew et A. Trotter*.

Electrical Review.

8/4. — Emploi des courants polyphasés (*fin*); *J. Hawkins*. — Hypothèse électrique sur le système solaire; *Delta*.

15/4. — Notes sur les moteurs alternatifs (*fin*); *C. Eborall*.

22/4. — Utilisation des gaz de hauts fourneaux pour les transmissions électriques; *W. Boot*. — Propriétés des alliages; *R. Appleyard*. — De l'induction en Téléphonie; *W. Moon*.

29/4. — Formes commerciales des résistances; *L. Atkinson*.

Journal of the Institution of Electrical Engineers.

Mars. — Notes sur le traitement électrochimique des minerais des métaux précieux: Major *C. Webber*. — Procédé électrolytique de fabrication des miroirs paraboliques; *S. Cowper Coles*.

Avril. — Prix de la production et de la distribution de l'énergie électrique: *R. Hammond*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

- 3/4. — Relations entre les énergies chimique et électrique; *J. Klandy*. — Expériences sur les terres.
10/4. — Lampe Jandus; *J. Barton*.
17/4. — Installations d'Hermannstadt; *O. von Miller*. — Transformateurs de phases et leurs applications; *G. Mayer*.
24/4. — Développement de la Téléphonie en Autriche; *H. von Hellrigl*.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

- Cours d'Électricité*, par C. SARAZIN. E. Bernard et C^{ie}, éditeurs, Paris, 1898. (*Don des Éditeurs.*)
Électricité médicale, par M. le D^r FOVEAU DE COURMELLES; 1 brochure in-8. Paris, Maloine, 1898. (*Don de l'Auteur.*)
Électromètre absolu pour petites différences de potentiel, par MM. A. PÉROT et CH. FABRY; 1 brochure petit in-8. *Extrait des Annales de Chimie et de Physique*, mars 1898. Gauthier-Villars et fils, 1898. (*Don des Auteurs.*)
Mesure de la force électromotrice de la pile Latimer Clark en fonction du volt international, au moyen de l'électrolyse de l'azotate d'argent, par M. A. PÉROT et CH. FABRY; 1 brochure in-4. (*Don des Auteurs.*)
Mesure du coefficient de viscosité de l'air, par MM. CH. FABRY et A. PÉROT; 1 brochure petit in-8. *Extrait des Annales de Chimie et de Physique*, février 1898. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1898. (*Don des Auteurs.*)
Sur les franges des lames minces argentées et leur application à la mesure de petites épaisseurs d'air, par MM. CH. FABRY et A. PÉROT; 1 brochure petit in-8. *Extrait des Annales de Chimie et de Physique*, décembre 1897. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897. (*Don des Auteurs.*)
Théorie de l'Électrolyse, par AD. MINET. Gauthier-Villars et Masson, éditeurs, Paris, 1898. Encyclopédie des Aide-Mémoire Léauté. (*Don de MM. Gauthier-Villars et fils.*)

Étranger.

Cantor lectures on gutta-percha, par le Dr F.-A. OBACH; 1 brochure in-8.

Londres, William Trousce, 1898. (*Don de l'Auteur.*)

Deutsche Elektrizitäts-Werke zu Aachen. (*Don de MM. Garbe et Lahmeyer et Cie.*)

Die Meteorologie der Sonne und das Wetter in Jahre 1888, zugleich Wetterpognose für das Jahre 1898, par M. K.-W. ZENGER; 1 broch. in-8°, Prague, Selbstverlag. In commission bei Fr. Rivnac, 1898. (*Don de l'Auteur.*)

Niagara power number; 1 vol. in-8°. New-York, Cassier's Magazine, juillet 1895. (*Don de M. Edward-D. Adams.*)

Transportable Akkumulatoren, par JOHANNES ZACHARIAS; 1 vol. in-8°. Berlin, W. et S. Læwenthal, 1898. (*Don des Éditeurs.*)



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

La télégraphie hertzienne sans fil avec le tube radioconducteur de M. Branly et les dispositifs de M. E. Ducretet (**M. E. Ducretet**), p. 235. — Les potentiomètres industriels (**M. X. Gosselin**), p. 246.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 269.

Avis aux Membres de la Société, p. 271.

OUVRAGES OFFERTS, p. 272.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 1^{er} juin 1898 (1).

PRÉSIDENCE DE M. R.-V. PICOU.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de la Réunion mensuelle tenue le 4 mai est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société et des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Bernard (Alfred), Maison Breguet, 4, avenue du Maine, à Paris. — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Bouty (E.), Professeur à la Faculté des Sciences, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris. — Présenté par MM. Lippmann et Pellat.

David (Charles-Narcisse), Ingénieur, Chef de Travaux au Laboratoire central d'Électricité, 1, rue de la Barouillère, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Laporte.

Eck (Néhémie), Ingénieur civil, 5, boulevard Pércire, à Paris. — Présenté par MM. Jénot et Brunswick.

Jouvenel (Albert), Ingénieur de la maison Breguet, 3, rue Quatrefoies, à Paris. — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Keller (Théophile), Ingénieur, Chef du Bureau des Études pour les applications de l'Électricité à la Mécanique (maison Breguet), 3, passage Soissons, à Malakoff (Seine). — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Lahaussé (Albert-Alexandre de), Représentant de la maison Breguet, 18 bis, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine. — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Mazen (Antoine-Natalis), Inspecteur principal du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'Ouest, 35, rue Magenta, à Asnières (Seine). — Présenté par MM. Grosselin et Heilmann.

Stieffel (Jacques), Chef d'atelier du Service électrique (maison Breguet), 5, rue Sophie-Germain, à Paris. — Présenté par MM. Fayot et Brunswick.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques ⁽¹⁾.

(¹) Les clichés des figures 1 à 12 reproduits dans le *Bulletin mensuel*, numéro de mai 1898, à l'appui de la Communication de M. Girault, ont été prêtés par la Direction du Journal *L'Industrie électrique*.

**SUR LA TÉLÉGRAPHIE HERTZIENNE SANS FIL, AVEC LES RADIOCONDUCTEURS
DE M. BRANLY ET LES DISPOSITIFS DE MM. A. POPOFF ET E. DUCRETET.**

M. E. DUCRETET. — « Messieurs, les appareils que j'ai l'honneur de vous présenter permettent de réaliser un phénomène qui paraîtrait bien mystérieux si l'explication n'en était donnée :

» Un télégraphiste, installé à son manipulateur, envoie, par touches longues ou brèves, une dépêche qu'enregistre, sans l'aide d'aucun fil conducteur, dit *fil de ligne*, le poste récepteur placé à une certaine distance : plusieurs kilomètres ont été ainsi franchis. Bien plus, la dépêche, ainsi envoyée dans l'espace, semble tomber du ciel, et elle est enregistrée sans la présence du télégraphiste. Seul, de lui-même, l'enregistreur fait dérouler son papier dès qu'une onde électrique arrive et il s'arrête encore de lui-même dès que ces ondes cessent de se présenter.

» Le *récepteur-enregistreur* (*fig. 1*) que j'ai réalisé est *automatique* et les émissions, par longues et par brèves, qu'il enregistre constituent le *code Morse* que nous connaissons tous.

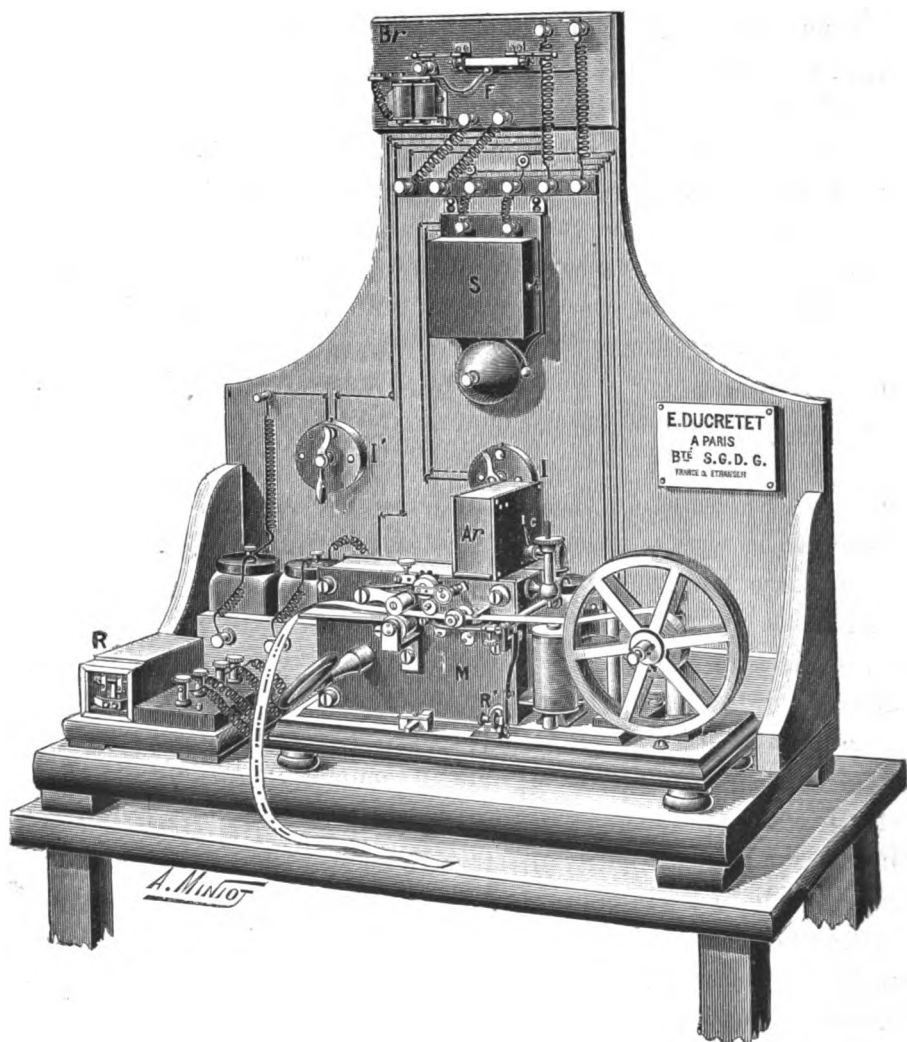
» Il me faut vous donner quelques explications sur ces *ondes électriques* qui, lancées d'un endroit, peuvent ainsi *franchir l'espace* et venir actionner un appareil disposé pour les recevoir et manifester leur présence.

» On sait que les *oscillations électriques* rapides, découvertes et étudiées par *Henri Hertz*, en 1889, donnent lieu à des actions inductrices d'une intensité remarquable dont la propagation peut être constatée à une certaine distance par l'étincelle obtenue dans un circuit conducteur discontinu. Les expériences de Hertz démontrent l'analogie qui existe entre les ondes électriques et les ondes lumineuses, confirmant ainsi la théorie exposée par *Maxwell* en 1865. L'appareil de Hertz comprend, dans son ensemble : l'*oscillateur* et le *résonateur*; un *inducteur* actionne l'oscillateur.

» L'inducteur est une puissante *bobine d'induction*, ou transformateur, produisant des décharges périodiques, que l'on fait jaillir entre deux sphères métalliques mises en communication avec des surfaces conductrices formant *capacité électrique* : c'est l'*oscillateur de Hertz*. Dans ces conditions, la décharge entre les sphères est

rendue oscillante, et la période d'oscillation varie avec la capacité et la self-induction du circuit; en diminuant l'un et l'autre, on obtient des périodes très courtes, que M. le professeur *Bose*, de

Fig. 1.



Calcutta, estime à 50000 millions par seconde avec des sphères de 6^{mm} de diamètre; mais cette rapidité n'est pas comparable à celle des vibrations lumineuses, dont le nombre est estimé à 500 trillions par seconde.

» Cette étincelle oscillante peut jaillir dans l'air ou dans les gaz,

mais MM. *Sarrazin* et *de la Rive* ont montré que les effets étaient plus durables et plus énergiques en la faisant éclater dans un liquide isolant. Il est également facile de se rendre compte que, en faisant communiquer une des sphères de décharge avec le sol, la terre joue alors le rôle de capacité électrique; le même effet se produit avec des conducteurs rectilignes ou enroulés en solénoïde, ainsi qu'il est fait pour les appareils de haute fréquence.

» A distance, dans les expériences de Hertz, l'action inductrice est constatée par une très petite étincelle, que l'on observe dans un conducteur discontinu dont les extrémités peuvent être rapprochées par le jeu d'une vis micrométrique : c'est dans cet intervalle très rapproché que l'étincelle secondaire est observée; cette étincelle discontinue est à succession très rapide; elle peut jaillir dans des tubes à vide. H. Hertz démontra encore qu'il existait un rapport entre les dimensions des conducteurs primaire et secondaire pour lequel leur action réciproque était maximum, produisant ainsi, par leur accord, un phénomène analogue aux *phénomènes de résonance* observés en Acoustique.

» Je ne décrirai pas les expériences de Hertz montrant que les ondes électriques traversent les milieux isolants, qu'il est possible de les faire réfléchir, réfracter, interférer, diffracter et de leur imprimer la polarisation rectiligne, elliptique et circulaire; *celles de leur propagation à distance* vont nous permettre d'aborder la description de la *télégraphie hertziennne sans fil* réalisée en 1895 par un savant russe, M. le professeur *Popoff*, puis, dans les mêmes conditions, en 1896. par M. *Marconi*; l'un et l'autre utilisant le *tube à limaille* de notre compatriote, M. le professeur *Branly*, qui constitue l'organe indispensable de cette application des ondes électriques.

» Il me faut décrire ce tube à limaille, qui est un *révéléteur* extrêmement sensible, même à grande distance, de courants induits; il remplace, par suite, les *résonateurs* de Hertz connus. M. le professeur *Lodge*, en Angleterre, et MM. *Le Royer* et *Van Berchem*, à Genève, en font avantageusement usage, depuis 1893, pour détecter la présence des ondes électriques produites à une assez grande distance du tube à limaille de M. Branly.

» C'est en 1890 que M. Branly a mis en évidence l'action des *radiations électriques* sur les substances métalliques discontinues.

telles que des limailles, libres ou agglomérées dans un isolant, comprises entre deux conducteurs formant un circuit dans lequel se trouvent une pile et un galvanomètre.

» Ces substances, primitivement isolantes ou d'une *résistance électrique* très élevée, deviennent *conductrices* lorsqu'elles sont frappées par l'onde électrique; et, en outre, leur conductibilité disparaît par un choc pour réapparaître quand une nouvelle onde vient les frapper. Le galvanomètre placé dans le circuit du tube à limaille dévie très fortement dès qu'une étincelle éclate à distance; le choc sur le tube à limaille ramène la résistance initiale et le galvanomètre à zéro.

» Cette expérience est fondamentale. M. Branly a montré aussi que ses tubes à limailles, dans certaines conditions de construction, pouvaient revenir d'eux-mêmes, sans choc, à la résistance première.

» Ainsi que nous le verrons, il est possible de produire automatiquement le choc sur le tube à limaille.

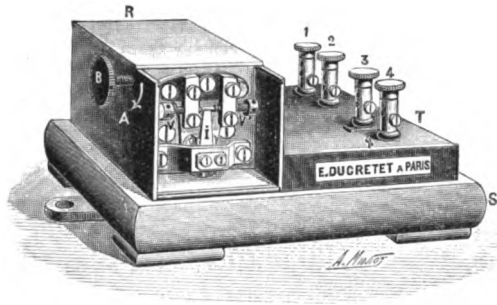
» M. Branly a donné le nom de *radioconducteurs* à ses tubes à limaille; ce nom rappelle que leur conductibilité s'établit sous l'influence du rayonnement électrique qui émane d'une étincelle produite par une *source électrique quelconque*. La sensibilité de ce révélateur est très grande et elle se manifeste à distance, même à travers les cloisons et les murs.

» Si nous transformons le galvanomètre en *relais* venant alors fermer un circuit local, ou si nous le remplaçons par un *relais télégraphique* très sensible (*fig. 2*), nous pourrions produire en circuit local des actions énergiques dont le point de départ est l'onde électrique, transmise dans l'espace, sans fils conducteurs, par un milieu intermédiaire, l'*éter*, qui propage les vibrations électriques du transmetteur à étincelle comme il propage les vibrations lumineuses et les vibrations sonores.

» Nous avons ainsi tous les éléments nécessaires à la réalisation de la Télégraphie hertziennne sans fil : il suffit que le *relais sensible* commande l'électro-aimant d'un appareil enregistreur et de produire à distance des émissions d'ondes électriques intermittentes, par longues et par brèves, qui constitueront, suivant le *code Morse*, le signal conventionnel à transmettre à travers l'espace.

» En même temps le relais commande l'électro-aimant du frappeur qui agit sur la limaille du radioconducteur; ainsi, *automatiquement*, chaque onde reçue est suivie d'un choc ramenant le radioconducteur à sa résistance initiale.

Fig. 2.



» Dans la pratique il suffira d'approprier la puissance du transmetteur à étincelles à la distance à franchir.

» L'appareil décrit et réalisé en 1895 par M. le professeur A. Popoff était ainsi constitué; *il en fit usage pour enregistrer les ondes électriques produites par les perturbations atmosphériques et transmettre à grande distance des signaux télégraphiques enregistrés sur un récepteur en utilisant le code Morse*. Dès 1895, M. Popoff, dans ses publications et dans ses présentations aux Sociétés savantes russes, avait montré que son appareil pouvait être pratiquement employé par la Marine pour la *transmission des signaux* à grande distance.

» Pour augmenter la sensibilité de son appareil, M. Popoff relie une des électrodes du radioconducteur Branly à un fil métallique, isolé, placé verticalement le long d'un mât; l'autre électrode est mise en communication avec le sol. Cette même disposition peut être appliquée aux sphères de décharge de l'oscillateur; dans les deux cas ces conducteurs constituent de véritables capacités électriques ainsi que je l'ai dit.

» Le conducteur isolé de l'appareil récepteur est un *collecteur* des ondes électriques lancées dans l'espace, celui du transmetteur jouant le rôle de *radiateur*. Leur longueur totale peut être accordée et varier suivant la distance à franchir. Pour les postes doubles, par le jeu

d'un commutateur, ces mâts remplissent alternativement ces deux fonctions.

» Ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte sur les tableaux schématiques, ces conducteurs n'ont aucun lien avec les électro-aimants de l'appareil, comme dans la télégraphie électrique ordinaire où la terre sert de *fil de retour* au courant de ligne qui traverse l'électro-aimant du récepteur.

» Nous connaissons maintenant tous les organes dont se compose le *système télégraphique sans fil* imaginé et employé par Popoff; il se résume ainsi :

» Les ondes électriques émises par un oscillateur à étincelles, servant de *transmetteur*, arrivent au radioconducteur Branly qui devient conducteur, il ferme, par suite, le circuit local du relais qui actionne l'appareil récepteur-enregistreur; en même temps, automatiquement, un petit *frappeur électrique* agit sur la limaille du radioconducteur. Sous l'action de ce choc la conductibilité du tube à limaille disparaît et tout reprend l'état primitif jusqu'à ce qu'une nouvelle onde frappe le tube sensible.

» Je vais décrire maintenant les appareils que j'ai l'honneur de vous présenter; quelques perfectionnements d'une certaine importance pratique les caractérisent, ils me sont personnels. Comme tout appareil télégraphique ils comprennent un *transmetteur* et un *récepteur*.

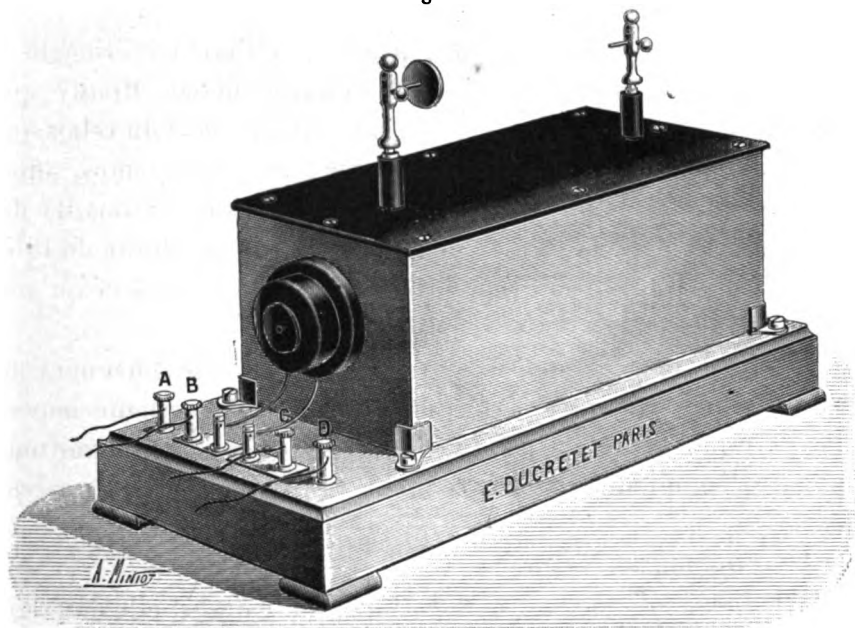
» Le *transmetteur* comprend :

» Une bobine d'induction de *Ruhmkorff*, puissante si elle doit agir à distance. Le modèle de la *fig. 3*, que j'ai créé, est transportable. Dans le circuit inducteur, à *gros fil*, se trouve un interrupteur à démarrage immédiat ou un trembleur-interrupteur à *marche continue*, suivant la puissance de la bobine d'induction. Celui qui est en expérience (*fig. 4*) est à moteur; son fonctionnement ne laisse rien à désirer comme régularité et vitesse. Dans certains cas un interrupteur indépendant, avec cames et contacts dans un liquide isolant, est d'un bon emploi. Un *manipulateur* à main, spécial (*fig. 5*), produit les émissions longues ou brèves.

» Une batterie d'accumulateurs fournit l'énergie électrique qui circule périodiquement dans l'inducteur. C'est cette énergie électrique, d'une certaine intensité, mais d'une force électromotrice de

quelques volts seulement, qui sera transformée dans le circuit voisin, *à fil fin*, bien isolé du premier circuit (inducteur), en une force électromotrice considérable dépassant 200 000 volts pour la bobine mise en expérience; elle permet d'obtenir des étincelles à distance qui jaillissent entre les sphères de l'oscillateur. Il est utile de faire remarquer qu'après cette transformation l'énergie électrique à haut potentiel que donne la bobine d'induction ne dépasse pas 60 watts, soit environ $\frac{1}{12}$ de cheval-vapeur.

Fig. 3.



» L'oscillateur de la *fig. 6* est construit suivant les données du professeur *Righi*; mais ce modèle permet d'obtenir tous les réglages de la longueur des étincelles depuis le contact des sphères entre elles et d'observer l'étincelle à l'intérieur de la cuve, lorsqu'elle jaillit dans un liquide isolant, ainsi qu'il a été dit ci-dessus.

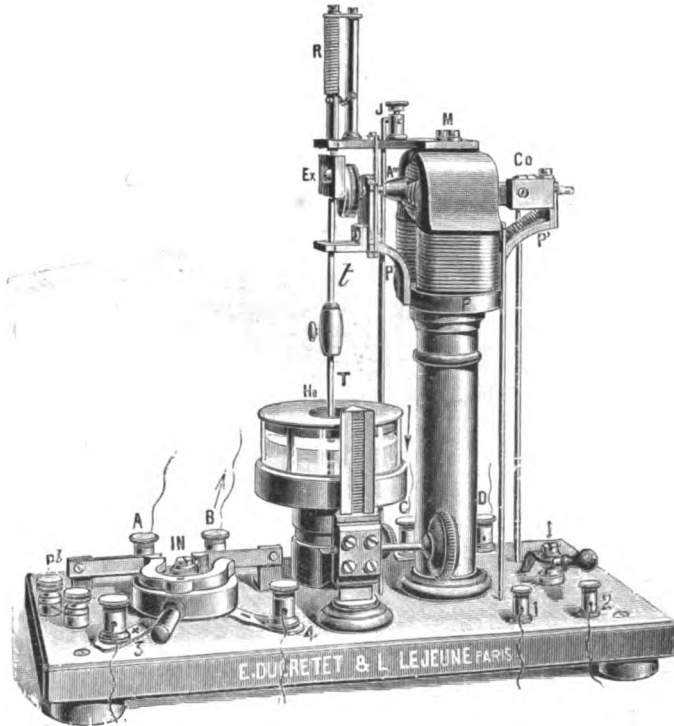
» Les émissions d'étincelles intermittentes, brèves ou longues, sont produites par le jeu du manipulateur à main et elles donnent naissance aux ondes électriques qui agiront à distance sur le récepteur.

» Ce récepteur comprend, suivant la *fig. 1* :

» 1° Le radioconducteur *Branly* avec son frappeur automatique dis-

posé suivant *Popoff*. Mon modèle ne comporte pas de tube de verre et les cylindres intérieurs, entre lesquels se trouve la limaille, *sont avec réglage*; l'action de l'air extérieur sur la limaille est évitée, ainsi que son renouvellement, par le mode de construction adopté pour ce tube sensible.

Fig. 4.



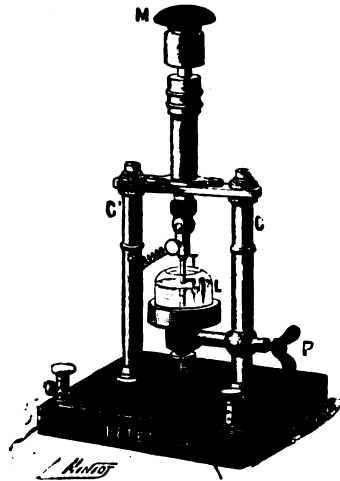
» Les électrodes de ce radioconducteur sont mises en communication avec le fil isolé (collecteur Popoff) et avec la terre, ainsi qu'il a été dit.

» 2° Un *relais télégraphique* très sensible (*fig. 2*). J'ai indiqué que les relais galvanométriques pouvaient être employés avec avantage. Ce relais met en action et l'électro-aimant de l'enregistreur et celui du frappeur.

» 3° Le *récepteur-enregistreur*. Ainsi que je l'ai dit, ce récepteur que j'ai réalisé est à marche automatique; il permet, pour la télégraphie hertzienne sans fil, la suppression du télégraphiste pour la réception immédiate des ondes électriques. Cela a une grande importance et vous vous en rendez compte :

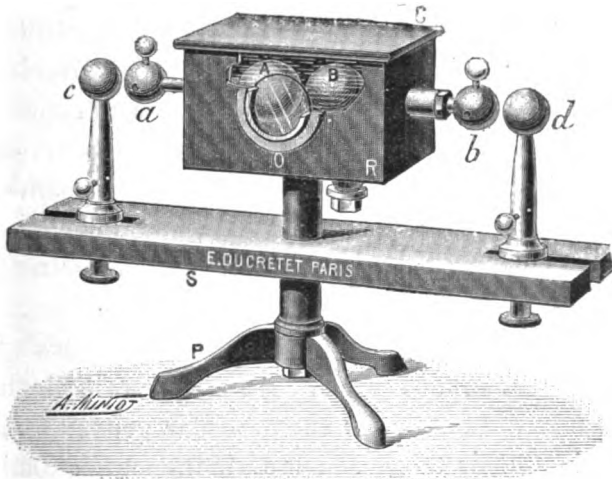
» Le récepteur-enregistreur, par suite de la grande sensibilité du radioconducteur Branly, peut enregistrer toutes les ondes électriques susceptibles d'agir sur le tube sensible, même si elles sont

Fig. 5.



d'origine atmosphérique. Il faut donc un employé télégraphiste en permanence pour faire dérouler le papier à chaque appel et l'arrêter lorsque les ondes cessent de se manifester.

Fig. 6.



» En rendant le *récepteur automatique*, je supprime la présence

immédiate, obligatoire, du télégraphiste pour la réception des signaux. Seul, de lui-même, le récepteur fait dérouler son papier dès qu'une onde arrive et il s'arrête également de lui-même dès que ces ondes cessent. Un espace blanc sépare chaque dépêche ou chaque réception d'ondes.

» Dans la pratique, le rouage d'horlogerie pourra être remplacé par un mouvement électrique permettant encore le déplacement intermittent de la bande de papier et l'enregistrement *automatique* d'un certain nombre de dépêches.

» Pour la *télégraphie volante*, sans fil, un parleur télégraphique peut être substitué au récepteur-enregistreur; la lecture des signaux se fait alors au son avec des appareils portatifs.

» Les distances franchies dans les premières expériences de M. Popoff ont été de 1500^m, puis de 5^{km} en mer, le fil vertical isolé ayant 18^m de hauteur. Les travaux de Popoff n'ont jamais été interrompus. M. Marconi a pu atteindre 5^{km}, 16^{km}, 23^{km} avec un mât de 25^m, 30^m, 36^m de hauteur; les appareils employés ayant la puissance de ceux que j'ai l'honneur de vous présenter. Des expériences récentes semblent démontrer que ces distances seront pratiquement dépassées, par tous les temps, sans élever, dans les mêmes proportions, la hauteur du fil vertical.

» Il ne faut pas conclure de ces expériences intéressantes que la *télégraphie hertzienne sans fil* remplacera la télégraphie électrique ordinaire et la télégraphie optique; mais, par les résultats acquis, il est possible de prévoir les services qu'elle pourra rendre pour les correspondances des navires entre eux et avec la côte, pour les côtes entre elles et avec les îles rapprochées, pour les postes éloignés de nos colonies africaines et asiatiques, et les services volants militaires ou d'exploration, etc., etc.

» On voit que le nouveau système télégraphique ne manquera pas d'applications.

» Les effets à distance qui caractérisent la *télégraphie hertzienne* ne mettent en jeu, à la réception, qu'une énergie électrique très faible. M. Branly a montré que cette énergie pouvait être intense : une batterie de plus de douze accumulateurs peut être mise en circuit avec un fort radioconducteur; par suite, le courant passe dans ce circuit d'une intensité nulle à une intensité de 15 à 20 ampères

quand le tube à limaille est devenu conducteur par l'influence d'une étincelle à distance.

» En interposant un *électro-aimant à déclic* (formant un relais pour forts courants locaux) dans le circuit d'un de mes petits radio-conducteurs Branly, il est possible de produire des *effets très puissants* dès qu'une étincelle jaillit à distance; le déclic aura fermé le circuit d'une forte batterie d'accumulateurs, le point de départ étant toujours une onde électrique transmise dans l'espace. C'est ainsi que je vais successivement produire devant vous :

- » 1° L'incandescence d'un long fil métallique;
- » 2° La mise en marche d'un moteur électrique puissant;
- » 3° La mise en action d'un fort électro-aimant;
- » 4° L'allumage d'une rampe de lampes à incandescence;
- » 5° L'explosion d'une amorce de mine.

» Par le jeu de *relais successifs* des courants électriques énergiques peuvent être ainsi utilisés suivant les circonstances et les effets à produire.

» J'espère, Messieurs, vous avoir intéressés et vous avoir démontré que notre industrie scientifique française, en ce qui me concerne, n'est pas tributaire de l'industrie étrangère. J'ai tenu aussi à exclure de cette conférence toutes les expressions étrangères, notre langue française étant assez riche pour y trouver celles qui conviennent.

» Je vous remercie, Messieurs, de la bienveillante attention que vous avez bien voulu m'accorder et je remercie mon ingénieur, M. Roger, de son concours pour la préparation des expériences que j'ai réalisées devant vous. » (*Applaudissements.*)

M. le PRÉSIDENT remercie M. Ducretet et le félicite d'avoir réussi à donner à sa Communication une forme aussi intéressante et d'avoir rappelé les savantes expériences que M. Branly a faites devant la Société et qui, à l'époque, n'avaient pas encore reçu d'interprétation pratique.

SUR LES POTENTIOMÈTRES INDUSTRIELS.

M. GOSSELIN. — « Messieurs, les potentiomètres industriels dont je voudrais vous dire, ce soir, quelques mots ne sont pas, à proprement parler, des appareils entièrement nouveaux. Quelques-uns ont fait leur apparition à l'étranger, il y a plusieurs années déjà, et dès 1887 j'ai pu constater que dans une maison anglaise de constructions électriques, toutes les mesures qui exigeaient quelque précision étaient relevées au potentiomètre.

» Dans ces derniers temps, l'usage de ces instruments s'est développé chez nos voisins et principalement en Angleterre, où un grand nombre d'ateliers et de stations centrales sont munies de potentiomètres.

» En France, au contraire, je ne crois pas qu'il existe un seul modèle de ces appareils, et il semble que nous ayons été réfractaires à leur emploi pourtant si commode et si universel.

» Les potentiomètres industriels à lecture directe reposent, en somme, sur la méthode bien connue de Clark pour la détermination des forces électromotrices. Cette méthode est elle-même présentée, en général, dans les Ouvrages classiques comme une modification de celle de Poggendorff. Je ne voudrais pas abuser de votre bienveillance, Messieurs, pour passer ici en revue des méthodes de mesures qui sont familières à chacun de nous et qui constituent comme l'A B C avec lequel on a charmé nos premiers débuts en Électricité.

» Cependant je pense utile, avant de vous décrire les appareils qu'on trouve aujourd'hui dans le commerce, de vous exposer en quelques mots l'esprit de la méthode et le mode opératoire sur lequel ils sont basés.

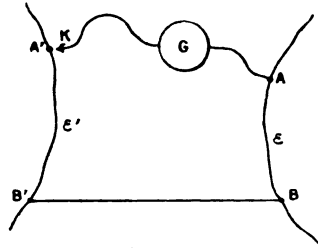
» Essentiellement, le potentiomètre est un appareil destiné à comparer deux forces électromotrices par la méthode d'opposition.

» Soient deux points A et B d'un circuit entre lesquels existe une différence de potentiel ε (*fig. 1*).

» Soient, sur un deuxième circuit, deux points A' et B' séparés

par une différence de potentiel ϵ' . Pour comparer ces différences de potentiel ϵ et ϵ' par opposition, on réunira par un conducteur les points B, B' de moindre potentiel; on formera ensuite à partir du

Fig. 1.



point A un circuit comprenant un galvanomètre sensible G et un contact mobile K.

» Si dans ces conditions on vient à toucher le point A', au moyen de la clef K, on observera, en général, une déviation au galvanomètre. Le sens de cette déviation indiquera le signe de la différence algébrique ($\epsilon - \epsilon'$) et, si la déviation est nulle, on en pourra conclure que les deux quantités ϵ et ϵ' sont égales. Si l'une des différences de potentiel est connue, on aura ainsi mesuré l'autre.

» L'emploi de cette méthode très simple exigera, en pratique, que l'opérateur dispose entre les deux points A' et B' d'une série de différences de potentiel, à volonté croissantes ou décroissantes, que l'on pourra opposer à la différence de potentiel inconnue ϵ en tâtonnant jusqu'à ce que l'équilibre du galvanomètre soit obtenu.

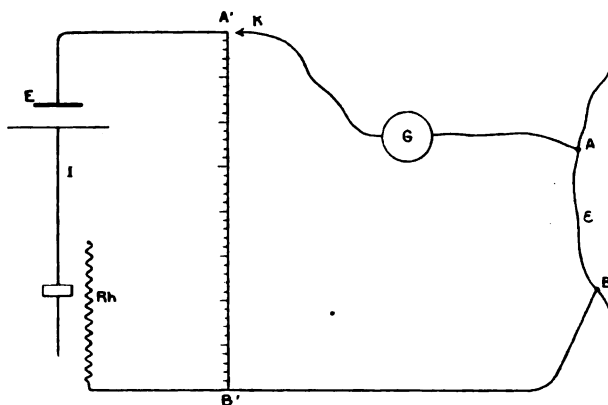
» La mesure d'une différence de potentiel se fait donc, pour ainsi dire, dans cette méthode, comme se ferait la pesée d'un corps au moyen d'une balance : dans l'un des plateaux un poids inconnu qu'il s'agit de déterminer, dans l'autre une série de poids connus variables à volonté, que l'on ajoute ou que l'on retranche jusqu'à ce que l'aiguille du fléau marque le zéro d'équilibre.

» Or, comment sera-t-il possible d'obtenir cette échelle de potentiels variables à volonté et toujours exactement connus ?

» Dans le circuit qui contient les points A' et B' (fig. 2), intercalons une source de courant constant tel qu'un élément d'accumulateur E. Plaçons, de plus, sur le passage du courant une résistance

variable R_h . Enfin, entre les points A' et B' plaçons un fil divisé, que nous supposerons homogène et bien calibré.

Fig. 2.



» Réunissons métalliquement, comme tout à l'heure, le point B au point B' et formons toujours à partir de A le circuit galvanométrique AGK. Le fil calibré $A'B'$ nous fournira l'échelle des potentiels variables dont nous avons besoin.

» En effet, si nous appelons I le courant qui circule dans le circuit $EA'B'$, ρ la résistance spécifique du fil calibré et s sa section, à partir du point B' la chute de potentiel dans le fil sera proportionnelle à la longueur l du fil mesurée de B' vers A' et sera

$$\frac{\rho I}{s} l.$$

» Si donc, en déplaçant le curseur mobile K le long du fil calibré, on a trouvé que ce curseur peut faire contact sur le fil en un point a sans que l'équilibre du galvanomètre soit troublé, en appelant l la longueur aB' , on aura pour valeur de la force électromotrice inconnue cherchée

$$(1) \quad \epsilon = \frac{\rho I}{s} l.$$

» On s'affranchira d'ailleurs bien simplement des constantes ρ , I et s , en faisant une seule expérience au moyen d'un élément de pile étalon de force électromotrice connue ϵ_0 .

» En effet, si, ayant placé cette pile entre les points A et B on

cherche la longueur l_0 du fil potentiométrique qui fait équilibre à ε_0 , on aura

$$(2) \quad \varepsilon_0 = \frac{\rho I}{s} l_0,$$

ce qui donne par conséquent

$$(3) \quad \varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{l_0} l.$$

» Cette valeur de $\frac{\varepsilon_0}{l_0}$ représente le nombre de volts qui correspond à l'unité de longueur du fil. Pour faire de l'appareil un instrument à lecture directe, il suffira de rendre le terme $\frac{\varepsilon_0}{l_0}$ égal à un nombre simple.

» Or, ce terme est fonction du courant I qui circule dans le fil; ainsi

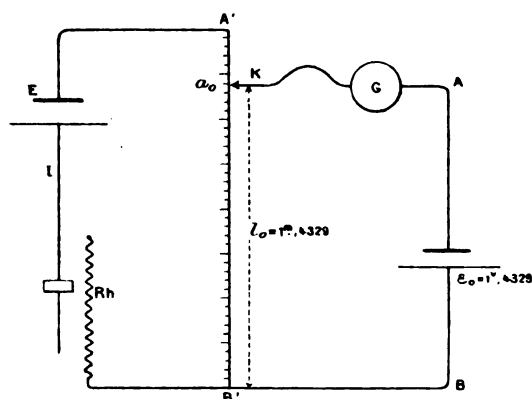
$$\frac{\varepsilon_0}{l_0} = \frac{\rho}{s} I.$$

» En profitant du rhéostat Rh installé dans le circuit, on pourra donner au courant I une valeur convenable qui rendra $\frac{\varepsilon_0}{l_0}$ égal à tel nombre simple qu'on aura choisi : 1 ou 0,1 ou 0,001, etc.

» Cette partie de l'expérience est ce que l'on appelle le *calibrage du potentiomètre*. Elle se fera très simplement de la manière suivante :

» Prenons un exemple numérique et supposons que l'élément

Fig. 3.



étalon soit un élément de Clark dont la force électromotrice serait

1,4329 volt, toute correction faite de température. Supposons que le fil divisé A'B' ait une longueur totale de 1^m,50 et que, au moyen d'un vernier adapté sur le curseur mobile K, il soit possible de lire les longueurs à partir de B' au dixième de millimètre près.

Nous placerons le curseur K (*fig. 3*) à une distance

$$a_0 B' = l_0 = 1^m,4329;$$

nous agirons ensuite sur le rhéostat Rh jusqu'à ce que, en abaissant la clef K au point a_0 , le galvanomètre reste au repos. Alors chaque dixième de millimètre de longueur du fil correspondra à un dix-millième de volt, et nous aurons ainsi

$$\frac{\varepsilon_0}{l_0} = 1,$$

si l'on exprime ε_0 en volts et l_0 en mètres.

Ce *calibrage du potentiomètre* une fois obtenu, on procédera aux mesures courantes en remplaçant ε_0 par les forces électromotrices inconnues que l'on veut déterminer. Dans les conditions mentionnées, on aura directement

$$\varepsilon = l.$$

» Comme nous avons supposé que la plus petite fraction de l_0 appréciable est ici le dixième de millimètre, nous pourrons, avec l'appareil, apprécier le dix-millième de volt, qui correspondrait à une variation d'un dixième de millimètre dans la longueur du fil.

» Le fil calibré étant supposé d'une longueur de 1^m,50, l'appareil mesurera, comme force électromotrice maxima, 1,500 volt.

» Limité à la mesure des différences de potentiel comprises entre 0 et 1,5 volt, le potentiomètre ne serait appelé à rendre que des services bien minimes. Mais on voit sans peine son application immédiate pour toutes les mesures qui peuvent se ramener à la détermination d'une force électromotrice comprise dans les limites indiquées.

» Parmi ces mesures, citons d'abord la détermination d'un courant par la chute de potentiel aux bornes d'une résistance connue.

» Dans cette méthode, comme chacun sait, on intercale, dans le courant qu'il s'agit de déterminer, une résistance connue r . On me-

sure la chute de potentiel e aux bornes de cette résistance r et l'on obtient ainsi la valeur du courant par le quotient $\frac{e}{r}$.

» Pour se placer, dans chaque cas particulier, dans les meilleures conditions, on devra choisir les valeurs de la résistance r , de façon que e soit, pour le courant maximum à mesurer, voisin de 1^{volt}, 5. Et si l'on dispose de résistances étalonnées convenablement graduées, on pourra mesurer depuis les fractions de milliampère jusqu'aux courants les plus intenses.

» Une deuxième application tout indiquée du potentiomètre est la comparaison de deux résistances par la mesure des chutes de potentiel qu'elles produisent quand on les intercale dans un même circuit.

» Si un même courant parcourt en série les deux résistances R_0 et R_x , en appelant e_0 et e_x les différences de potentiel produites aux bornes des résistances, nous aurons

$$\frac{e_0}{e_x} = \frac{R_0}{R_x};$$

d'où la valeur de R_x , si l'on connaît R_0 et si l'on détermine avec exactitude le rapport $\frac{e_0}{e_x}$ au moyen du potentiomètre.

» Cette méthode, comme la précédente, est susceptible d'être appliquée sur l'échelle la plus étendue et, du moment qu'on disposera d'étalons gradués R_0 , on pourra mesurer depuis les plus faibles résistances jusqu'aux résistances de plusieurs mégohms.

» Enfin, grâce à l'emploi des *boîtes de réduction*, l'appareil se prêtera très commodément à la détermination des forces électromotrices élevées, dépassant de beaucoup les limites que nous nous étions fixées tout à l'heure de 0 à 1^{volt}, 5.

» Si, entre deux points X et Y, il existe une différence de potentiel E m fois trop grande pour être directement mesurable par le potentiomètre, on créera entre les points X et Y une dérivation de grande résistance R et l'on mesurera la chute produite par le courant dérivé dans la $\frac{1}{m^{\text{ième}}}$ partie de la résistance R .

» Dans cette application, comme dans les deux précédentes, l'étendue de l'échelle sur laquelle les mesures peuvent être faites

est théoriquement illimitée, et l'on pourra pratiquement mesurer depuis les fractions de volt jusqu'à 1000 volts et plus.

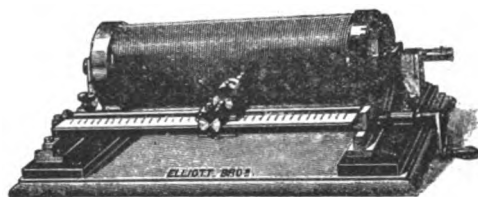
» Ainsi, au moyen d'un élément étalon de force électromotrice et avec l'aide de quelques accessoires ne comportant absolument que des résistances étalonnées, le potentiomètre nous permettra de mesurer les forces électromotrices les plus variées, les intensités de courant les plus diverses et les résistances ohmiques les plus élevées comme les plus faibles.

» Il est bien évident que la forme schématique du fil calibré rectiligne que j'ai indiquée ici pour la simplicité de la démonstration ne se prêterait en aucune façon à la réalisation d'un appareil industriel. Un fil rectiligne tendu sur une longueur de 1^m,50 constituerait un appareil fragile et encombrant. De plus, la longueur du fil qui correspond à $\frac{1}{10000}$ de volt étant égale à $\frac{1}{10}$ de millimètre n'est pas d'une appréciation commode.

» Clark tourna la difficulté en augmentant encore la longueur du fil, ce qui donne pour le $\frac{1}{10000}$ de volt une longueur plus commodément appréciable, et en enroulant ce fil potentiométrique sur un tambour isolant, ce qui rend l'appareil plus compact.

» Le tambour est généralement en ébonite et porte sur toute sa longueur une rainure hélicoïdale dans laquelle vient se loger le fil (*fig. 4*). Le courant est amené à ce fil par les deux tourillons

Fig. 4.



isolés du tambour sur lesquels viennent frotter deux balais métalliques.

» Le long de ce tambour et sur un axe parallèle se meut le curseur mobile de contact K, qui se trouve entraîné par le mouvement de la manivelle que l'on voit sur la figure. On mesure la longueur du fil en fonction du nombre de spires et de fractions de spires comprises entre l'un des tourillons et le curseur.

» Il n'y a pas lieu de s'appesantir sur cette forme du potentiomètre de Clark.

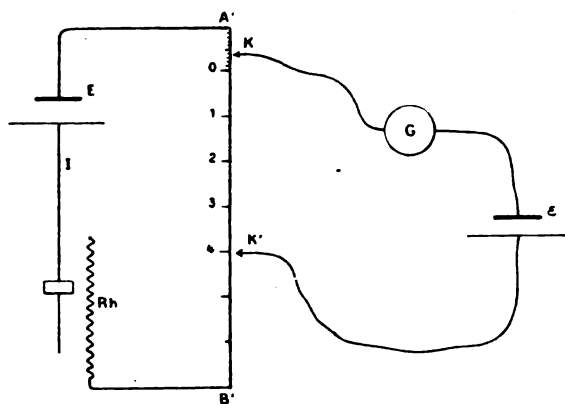
» Elle a été plus ou moins modifiée dans les détails par les constructeurs, mais, dans son ensemble, l'appareil est resté sensiblement le même. On le met généralement en observation au moyen d'un rhéostat de Thomson qui permet d'obtenir un calibrage exact de l'appareil. Un grave inconvénient réside dans la fragilité du fil calibré et dans la difficulté qu'il y a à obtenir ce fil de grande longueur parfaitement homogène après son passage à la filière. De plus, malgré certaines dispositions ingénieuses adoptées par les constructeurs, le curseur mobile de contact passe assez difficilement d'un point à un autre du fil potentiométrique, de sorte qu'il faut un temps assez long pour la recherche de la position d'équilibre. Enfin le contact du curseur sur le fil au fond de la gorge se fait en général assez mal.

» Dans les potentiomètres modernes, on a réussi à réduire la longueur du fil divisé à quelques centimètres. On a même pu le supprimer complètement.

» En effet, revenons au schéma qui nous a servi tout à l'heure.

» Remarquons qu'au lieu d'avoir un seul curseur mobile K, à partir du point A' (fig. 5), on peut en avoir un second K' qui se déplacera à partir du point B'.

Fig. 5.



» L'avantage de cette nouvelle disposition est le suivant : le curseur K' se déplacera directement sur les points de division 1, 2, 3 en passant d'un seul coup d'un point au suivant. Le curseur K au

contraire se déplacera entre o et A' et servira à terminer l'ajustage du fil pour obtenir l'équilibre définitif.

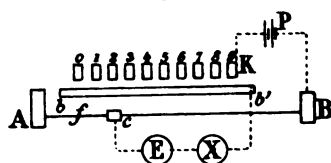
» Or, du moment que le curseur K' se meut brusquement d'un point de division au suivant, les portions de fil comprises entre deux divisions consécutives peuvent être enroulées sur des bobines et enfermées sous la forme ordinaire des boîtes de résistance, pourvu seulement que les extrémités de ces bobines viennent aboutir à une série de plots de contact sur lesquels le curseur mobile K' viendra se poser successivement.

» La seule portion du fil potentiométrique qui devra forcément rester tendue pour recevoir le contact mobile K sera la partie oA. Le fil tendu et calibré n'aura donc plus qu'une fraction de la résistance totale du potentiomètre. Sa longueur sera ainsi considérablement diminuée et, tout en conservant à l'appareil la même sensibilité, on aura accru sa robustesse, diminué son encombrement et constitué un appareil industriel.

» M. G. Chaperon paraît avoir, le premier, employé ce nouveau dispositif.

» La *fig. 6* montre le schéma de son appareil avec le montage de l'expérience : AB représente le fil rectiligne, neuf bobines ayant

Fig. 6.



chacune une résistance égale à celle du fil AB sont placées sur les plots numérotés 1, 2, 3, etc.

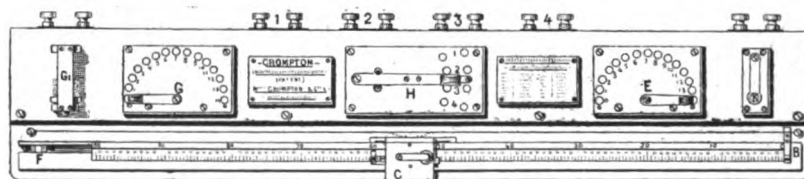
» Le fil est divisé en cent parties égales, de sorte qu'on apprécie le millième de la résistance potentiométrique totale. En P, batterie de deux accumulateurs qui donne le courant dans le potentiomètre. En b' et en c les curseurs mobiles. En E la force électromotrice à déterminer et en X le galvanomètre.

» Le montage n'indique pas de rhéostat de réglage pour la calibration du potentiomètre. D'ailleurs, la division décimale adoptée ici se prête assez mal à l'opération du calibrage à lecture directe au

motrice directement mesurable, c'est-à-dire comprise entre 0 et 1,5 volt. La troisième position sert à relever l'intensité du courant par la différence de potentiel aux bornes d'une barre métallique de résistance connue. Enfin, la dernière position du commutateur sert à déterminer un voltage de 100 volts au moyen d'une boîte de réduction. Comme on voit sur la figure, on mesure la différence de potentiel aux bornes de $\frac{1}{100}$ de la résistance totale, mise en dérivation sur les 100 volts.

» La *fig. 8* donne une vue en plan de l'appareil tel qu'il est actuellement construit. G et G₁ sont les rhéostats qui servent au ré-

Fig. 8.



glage du courant dans le potentiomètre pour la calibration de l'appareil à lecture directe. E est le rhéostat contenant les quatorze bobines potentiométriques et FB le fil divisé, C le curseur mobile le long du fil.

» H représente le commutateur double à quatre directions, lesquelles correspondent aux quatre paires de bornes numérotées 1, 2, 3, 4. Les deux paires de bornes, qui sont figurées à droite et à gauche, servent respectivement à brancher le galvanomètre et l'élément d'accumulateur qui donne le courant dans le potentiomètre. La clef K sert à mettre le galvanomètre en circuit.

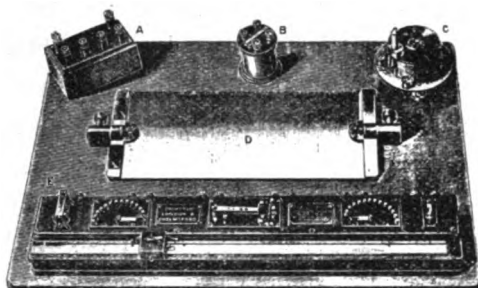
» MM. Crompton et C^{ie} ont combiné une planchette portable (*fig. 9*) sur laquelle se trouve réuni le matériel qui permettra de faire toutes les mesures industrielles courantes.

» En E le potentiomètre; en D la résistance étalonée pour la mesure du courant; en A la boîte de réduction à réductions multiples; en B l'élément de Clark; en G le galvanomètre.

» La commodité d'une telle combinaison est évidente. Ces appareils réunis forment un ensemble relativement peu encombrant, puisque la planchette a seulement comme dimensions en plan 0^m,75 × 0^m,60.

» Le fil tendu dans le potentiomètre de Crompton est divisé en 1000 parties et sa longueur est de 630^{mm}. La résistance du fil tendu

Fig. 9.

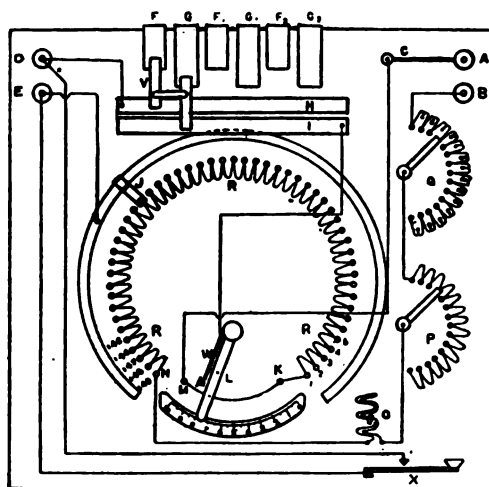


est de 2 ohms environ, et la résistance potentiométrique totale environ 30 ohms. Chaque division du fil calibré correspondra, pour le maximum de sensibilité, à $\frac{1}{10000}$ de volt.

» MM. Elliott brothers, de Londres, ont construit plus récemment un potentiomètre d'un usage très commode et dans lequel on s'est efforcé de réduire le fil calibré à une longueur de quelques centimètres seulement, tout en conservant, bien entendu, à l'appareil le même degré de sensibilité.

» La *fig. 10* donne le schéma de la disposition.

Fig. 10.



» En A, B vient se placer l'accumulateur qui devra donner le courant constant dans le potentiomètre. Ce courant passe dans les

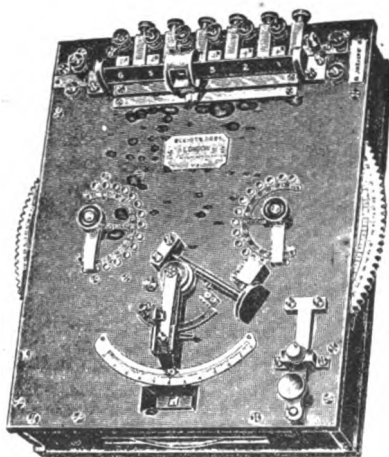
rhéostats de réglage Q, P, O; puis en N, R, R, il traverse 149 bobines potentiométriques disposées en cercle et ayant toutes même résistance entre elles. Enfin, le courant passe en KM dans le fil tendu divisé dont la résistance est égale à chacune des 149 bobines. Enfin, de M le courant retourne en A. Les rhéostats de réglage sont établis de façon que la résistance totale P est égale à la résistance d'une section du rhéostat R, et la résistance totale de O est égale à celle d'une section de P. Le fil calibré KM, qui a seulement 8^m de longueur, est tendu sur un secteur cylindrique, de manière que le contact variable est ici constitué par une manette L mobile autour d'un axe. Un secteur métallique divisé permet de lire la longueur du fil en appréciant aisément le centième de la longueur totale.

» En D E se place le galvanomètre. X est une clef de court circuit qui protège le galvanomètre, et en H, I se trouve un commutateur double à plusieurs directions (il y en a six sur l'appareil) qui permet d'intercaler en opposition sur le potentiomètre des forces électromotrices diverses.

» Le circuit galvanométrique vient faire contact sur le circuit potentiométrique d'une part, au moyen du curseur mobile J d'autre part, sur la manette à contact W.

» La *fig. 11* donne une vue en plan de l'appareil. On y voit clai-

Fig. 11.



rement : à droite, et au sommet, les bornes d'attache de l'accumulateur; à gauche, et symétriquement placées, les bornes du galvano-

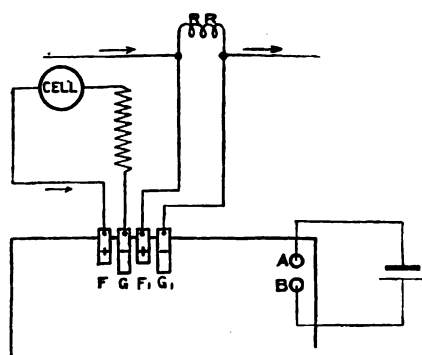
mètre. Sur le bord supérieur de la boîte six paires de bornes avec le commutateur double. En bas, à droite, la clef de court circuit du galvanomètre. Au centre, les rhéostats de réglage du courant pour le calibrage du potentiomètre.

» Les 149 bobines du circuit potentiométrique sont abritées à l'intérieur de l'appareil, et l'on fait varier le nombre de bobines intercalées en faisant tourner la roue dentée que l'on voit déborder à droite et à gauche sur les côtés de la boîte. Cette roue dentée porte sur sa périphérie une succession de nombres de 1 à 149 qui correspondent à chacune des 149 bobines. Une fenêtre, pratiquée dans le couvercle au bas de l'appareil et en dessous du fil divisé, laisse apparaître le chiffre qui correspond au nombre de bobines potentiométriques intercalées dans le circuit.

» Pour faire usage de l'appareil pour la mesure des différences de potentiel, on procédera d'abord à sa graduation en lecture directe.

» Pour cela, supposons que la pile étalon ait comme force électromotrice corrigée 1,4329. On fixera cet étalon sur les deux premiers plots F, G du commutateur multiple (fig. 12). Cela fait, et

Fig. 12.



le commutateur ayant été naturellement amené au contact sur les plots F, G, on fera apparaître à la fenêtre du potentiomètre le chiffre 143. On réglera ensuite le contact W sur le fil divisé à la division centésimale 29. De sorte qu'en réalité on aura intercalé 1,4329 comme résistance potentiométrique. On ajustera alors successivement les rhéostats de l'accumulateur jusqu'à ce qu'en

appuyant sur le contact W, après avoir enlevé la clef de court circuit du galvanomètre, ce dernier reste au repos.

» A ce moment, chaque division centésimale du fil tendu correspond à un dix-millième de volt. Évidemment, il faudra faire ici usage d'un galvanomètre très sensible qu'on shuntera au début de l'opération par une résistance faible.

» Voulons-nous maintenant mesurer un courant au moyen de l'appareil ainsi gradué? Nous intercalerons sur le passage de ce courant une résistance RR (*fig. 12*). Des bornes de cette résistance nous ramènerons deux fils aux plots F, G₁. Nous ferons alors glisser le curseur du commutateur double sur F, G₁, et nous chercherons à obtenir l'équilibre du galvanomètre, en agissant cette fois sur la roue potentiométrique et finalement sur le fil divisé.

» Soient N le nombre lu sur la fenêtre au moment où l'équilibre est obtenu, et n le nombre de divisions lu sur le fil divisé. Le courant cherché sera

$$\frac{N + n}{r},$$

en appelant r la résistance RR.

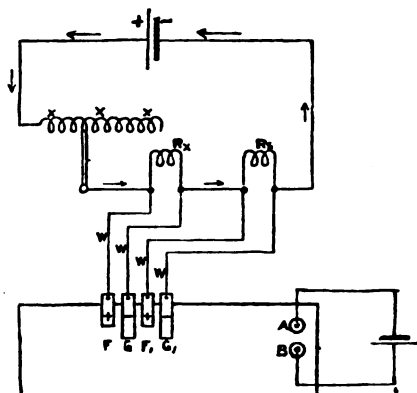
» En réalité, comme on choisit pour r des multiples ou sous-multiples exacts de l'ohm et que n ne comprend que les deux dernières décimales du nombre $(N + n)$, l'appareil est entièrement à lecture directe. Ainsi, si la résistance RR a pour valeur, par exemple, 0,01 ohm et qu'on lise au potentiomètre 127 sur la fenêtre et 18 sur le fil divisé, le courant est exactement 127,18 ampères. J'insiste à dessein sur ces détails très simples, parce que ce sont ces détails de facilité et de rapidité de lecture qui font, en somme, qu'un appareil industriel est utile et commode, ou qu'il devient d'un usage impraticable.

» La *fig. 13* montre la disposition de l'appareil pour la comparaison de deux résistances, R_x et R_s . Ces deux résistances sont montées en série dans le circuit d'un accumulateur et un rhéostat ajustable XX sert à régler, à une valeur d'ailleurs approximative, l'intensité du courant débité dans la résistance.

» Des bornes de R_x et de R_s , on amènera respectivement les fils W aux plots (FG), (F, G₁).

» En établissant alors l'équilibre du potentiomètre successivement sur (FG) et sur (F, G₁); en appelant (N₁ + n₁) et (N + n) les

Fig. 13.



nombres lus sur la fenêtre et sur le fil divisé pour faire l'équilibre, on aura

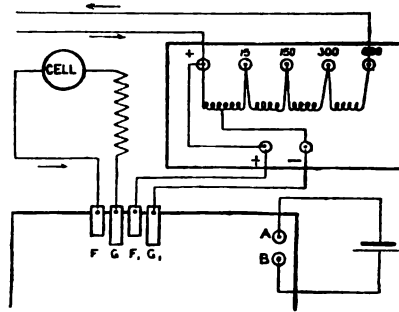
$$R_x = R_s \frac{N + n}{N_1 + n_1}.$$

» On pourra se servir, pour R_s, des mêmes étalons multiples ou sous-multiples de l'ohm dont on se sert pour la détermination des courants. La mesure sera ramenée à la lecture directe en prenant $\frac{N_1 + n_1}{R_s}$ égal à un nombre exact : ce que l'on obtiendra facilement en faisant varier (N₁ + n₁) au moyen des rhéostats de calibration du potentiomètre. Si, par exemple, R_s est égal à 0^{ohm},001, on fera passer environ 500 ampères dans le circuit R_s et R_x. La chute de potentiel dans R_s sera d'environ 0,5 volt. On règlera alors les rhéostats du potentiomètre de façon que l'équilibre soit obtenu sur (F, G₁) (*fig. 13*) avec 100 sur la fenêtre et 00 sur le fil. Si l'on trouve ensuite, sans plus changer le rhéostat du potentiomètre, que l'équilibre sur FG s'obtient avec, sur la fenêtre, 92 et 32 sur le fil, la résistance cherchée R_x est égale à 0,0009232. L'exactitude de la mesure ne dépend ici que de la constance des courants, de la calibration exacte des étalons et de la limite de sensibilité du galvanomètre.

» Enfin, la *fig. 14* montre comment l'expérience doit être disposée pour relever une différence de potentiel maxima de 600 volts

au moyen d'une boîte de réduction pouvant servir pour les différences de potentiel de 0 à 15, 0 à 150, 0 à 300 et 0 à 600 volts.

Fig. 14.

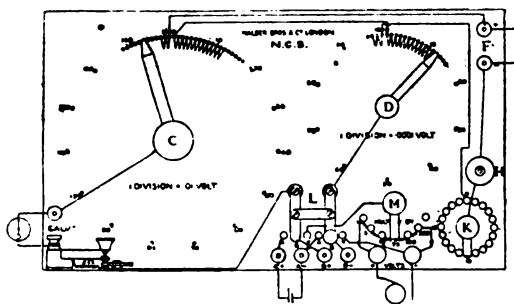


» Il faut remarquer que, lorsqu'on a à mesurer un voltage compris entre 0 et 5 à 6 volts, la mesure peut se faire sans boîte de réduction. Pour cela on se servira, comme source de courant dans le potentiomètre, non plus d'un seul mais de trois éléments d'accumulateurs. On réalisera alors le calibrage du potentiomètre de façon que 1 volt soit équilibré par 30 divisions sur la fenêtre, c'est-à-dire qu'on équilibrera la force électromotrice du clark 1,434 par $30 \times 1,434 = 43,02$.

» Dans ces conditions, en divisant la lecture par 30, on pourra lire directement de 0 volt à 5 volts sans boîte de réduction. Il ne faudrait pourtant pas appliquer plus de 3 éléments d'accumulateurs aux bornes A, B.

» La *fig. 15* donne le schéma d'un appareil construit par

Fig. 15.



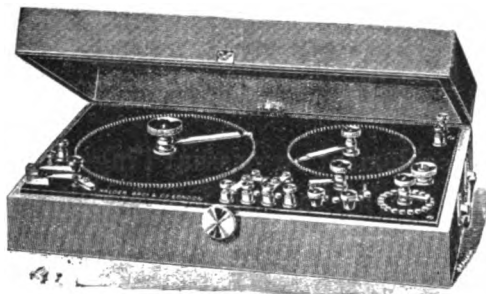
MM. Nalder, de Londres. Ces constructeurs, pour arriver à sup-

primer complètement le fil divisé, ont adopté la disposition des 149 bobines et, au lieu et place du fil divisé, ils ont disposé un deuxième rhéostat de 100 bobines dont la résistance totale est égale à celle qu'aurait le fil divisé. Le reste de l'appareil n'offre rien de très particulier et l'on se rend compte, à la simple inspection de la figure, de la marche des courants et de la disposition des divers circuits.

» Le rhéostat noté H sur la figure est un rhéostat en charbon qui sert à ajuster la valeur du courant que l'on règle d'abord approximativement au moyen du rhéostat K. On peut se demander si ce genre de rhéostat n'est pas de nature à donner quelques légers troubles dans le régime des courants pendant les mesures, sous certaines influences extérieures. De plus, il semble que le fil divisé a été remplacé peu avantageusement. Puisqu'on peut le réduire à quelques centimètres de longueur, faut-il, pour le supprimer, avoir recours à une boîte de résistance de 100 bobines ?

» Quoi qu'il en soit, l'appareil est construit avec soin. Il est enfermé à demeure dans une boîte (*fig. 16*), dispositif qui montre que l'on a voulu en faire un appareil portable par destination.

Fig. 16.



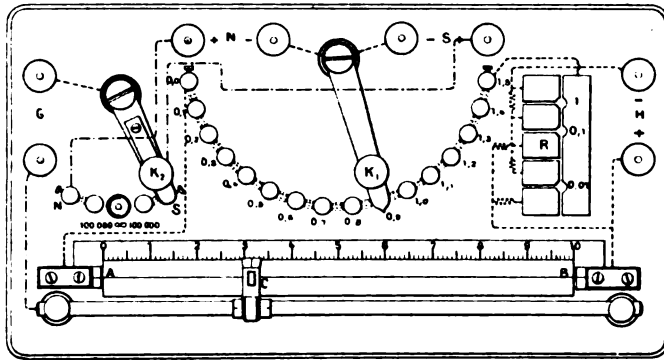
» En Allemagne, MM. Janssen et Fugner, de Hanovre, ont réalisé un potentiomètre qui offre quelques dispositifs particuliers.

» Le circuit potentiométrique est shunté par des résistances variables R (*fig. 17*), ce qui permet de changer le voltage correspondant à l'unité de résistance du circuit potentiométrique. L'appareil ne comprend que deux paires de bornes N et S pour la prise des différences de potentiel.

» Une clef K, remplace les commutateurs doubles à directions

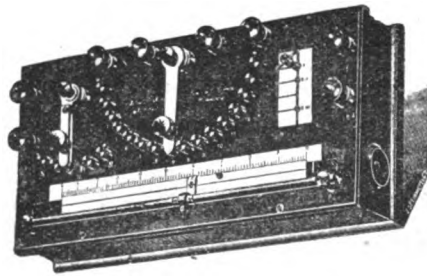
multiples des appareils précédents. L'instrument ne porte d'ailleurs avec lui aucun rhéostat de réglage pour le calibrage du potenti-

Fig. 17.



mètre. La *fig. 18* donne la vue en perspective de l'appareil de MM. Fugner et Janssen.

Fig. 18.

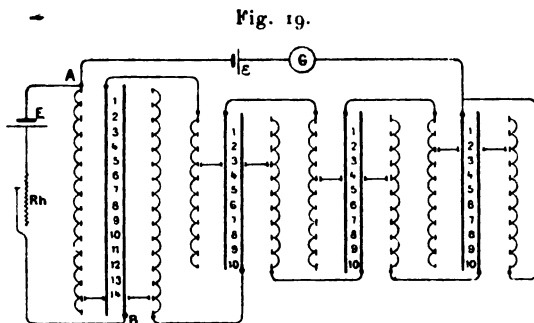


» Je signalerai seulement en passant l'ingénieux dispositif imaginé par M. Thiermann, de Hanovre, pour le calibrage des voltmètres et pour les mesures des courants et des résistances. Je ne crois pas que cette méthode ait donné naissance à un appareil industriel et je ne l'exposerai donc pas ici.

» Au point de vue général de la construction, l'inconvénient des appareils venus les premiers en date était l'emploi du fil calibré d'une longueur exagérée. L'inconvénient des derniers venus est peut-être d'offrir des boîtes de résistance à curseur contenant des séries de 150 bobines. Bien qu'en réalité la construction de semblables boîtes n'offre aucune difficulté, la nécessité de disposer circulairement 150 plots de contact entraîne à des diamètres relativement grands.

» Il est bien aisé, je pense, d'imaginer des dispositifs qui donneraient au potentiomètre la forme générale des boîtes de résistance ordinaires à décades telles qu'on les emploie couramment dans les laboratoires.

» La *fig. 19* montre une disposition qui me semble réaliser un potentiomètre bien simple et de construction facile. L'appareil



serait constitué par quatre boîtes de résistance. La première boîte à partir du point A contient quatorze bobines de 1000 ohms, par exemple; la deuxième boîte, dix bobines de 100 ohms; la troisième boîte, dix bobines de 10 ohms, et la quatrième boîte, dix bobines de 1 ohm.

» Chaque boîte contient un circuit double, muni chacun d'un curseur, comme l'indique la figure, et les deux curseurs sont déplacés ensemble; ils sont reliés rigidement, de manière qu'on ne peut les manœuvrer que simultanément.

» Dans ces conditions, en appliquant les bornes de la source de courant aux points A et B , le courant débité dans les boîtes de résistance sera constant; car il est clair que, quelle que soit la position des curseurs mobiles, la résistance entre A et B reste constante.

» Mais, si l'on applique le circuit galvanométrique $A\epsilon G$ comme le montre la figure, on pourra mettre en opposition avec ϵ une différence de potentiel variable à volonté et toujours connue par la position des curseurs.

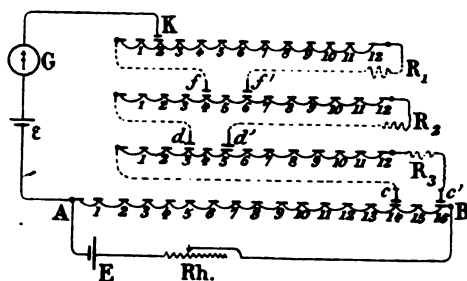
» Le maniement pratique de l'appareil ainsi conçu, sa calibration en potentiomètre à lecture directe se feront absolument comme pour les potentiomètres à fils.

» Les décades peuvent évidemment se mettre sous la forme cir-

culaire, ce qui permettra de construire un potentiomètre simple, robuste et très compact.

» Un second dispositif qui semble intéressant est celui indiqué par la *fig. 20*. Ce dispositif est une sorte de modification du pont Thomson Varley adapté à la construction d'un potentiomètre.

Fig. 20.



» MM. Muirhead de Londres se servent depuis longtemps de l'appareil Thomson Varley sous sa forme ordinaire pour la mesure par opposition des forces électromotrices des éléments Latimer-Clark. M. Fischer mentionne le fait dans son Ouvrage sur le potentiomètre, et il ajoute que, même alors qu'on mettrait de côté le prix élevé de l'appareil, la grande résistance ohmique du circuit potentiométrique ainsi formé constituerait une objection grave à l'emploi pratique de l'appareil, dans la plupart des cas.

» Du reste, il faut ajouter que le pont de Thomson Varley constitue un appareil de poids et de dimensions considérables, qu'on ne saurait à aucun point de vue appeler un appareil industriel.

» La solution indiquée par la *fig. 20* consiste dans l'emploi de plusieurs boîtes de résistances successives mises en dérivation les unes sur les autres. La première série de bobines comprendra 16 résistances égales entre elles. Elle est parcourue de A en B par le courant potentiométrique fourni comme à l'ordinaire par un accumulateur E dans le circuit duquel on a branché un rhéostat de réglage Rh.

» En dérivation, au moyen d'un curseur glissant double CC', on place une deuxième série de résistances, comprenant 12 bobines égales entre elles. Ceci reproduit, le dispositif du pont de Thomson Varley; mais, au contraire de ce qui se fait dans ce dernier appareil,

je conserve aux bobines de la deuxième série la même valeur de résistance qu'aux bobines de la première.

» En effet, pour que la chute de potentiel dans une bobine de la deuxième série soit, par exemple, le dixième de la chute de potentiel qui se produit dans une bobine de la première série, il me suffira, en donnant à toutes les bobines des résistances égales, de calculer une résistance de compensation R_1 que j'intercalerai sur le trajet de la dérivation C' . Le même dispositif pourra être reproduit entre la deuxième et la troisième série, etc. Ainsi, avec les quatre séries indiquées sur la figure, chaque bobine de la quatrième série correspondra à $\frac{1}{10000}$ de volt.

» La mise en expérience, le calibrage en lecture directe de l'appareil se font comme l'indique la *fig.* 20. Le schéma représente les curseurs dans la position 1,4342 qui correspondrait au voltage de la pile étalon ϵ .

» Par ce deuxième dispositif, on arriverait donc à réaliser un potentiomètre permettant de lire le dix-millième de volt, au moyen de 52 bobines de résistances quelconques, mais égales, et de trois résistances de compensation R_1, R_2, R_3 , dont deux sont égales entre elles (1).

(1) Le calcul de la résistance de compensation R_p qui sépare la série de rang p de la série qui suit se fera très simplement de la manière suivante : Nous supposons que toutes les bobines ont la même résistance r . Nous numérotions les séries 1, 2, 3, ..., $p, p+1, \dots$, en commençant par la décade sur laquelle glisse le curseur K (*fig.* 20). Appelons i_p le courant qui traverse les bobines de la série de rang p , et i'_p le courant qui traverse les bobines de la même série qui sont shuntées par le curseur double. Appelons m_p le nombre total des bobines d'une série p et n_p le nombre de bobines shuntées par le curseur dans la même série.

Appelons k le rapport entre les chutes de potentiel dans une bobine d'ordre p et dans une bobine d'ordre $p+1$. Nous aurons

$$\begin{aligned} i_p &= k i_{(p+1)}, \\ i'_p &= i_p (1 - k), \\ r n_{p+1} i'_{p+1} &= (m_p - n_p) r i_p + n_p (1 + k) r i_p + R_p i_p, \\ i'_{p+1} &= i_p \frac{1 - k}{k}. \end{aligned}$$

D'où l'on tire

$$\frac{R_p}{r} = n_{p+1} \frac{1 - k}{k} - m_p + n_p k,$$

équation qui donne la valeur de R_p en fonction des éléments de la série de rang p et de la suivante de rang $p+1$.

» Je ne puis entrer ce soir, Messieurs, dans les détails relatifs aux accessoires du potentiomètre. Il nous faudrait examiner ensemble la construction et le calibrage des boîtes de réduction, des barres étalonnées de faible résistance. Il nous faudrait parler du galvanomètre qu'il conviendra de choisir pour l'usage avec le potentiomètre, étudier dans quelles limites on peut se fier aux éléments étalons et sur quel degré d'exactitude on peut compter dans les mesures. C'est là une étude de longue haleine qui d'ailleurs a été faite dans les *Revue*s techniques et dans certains Ouvrages spéciaux.

» Qu'il nous suffise de dire que les potentiomètres industriels rendront à l'ingénieur électricien de signalés services toutes les fois qu'on voudra étalonner avec exactitude les appareils de deuxième ordre, tels que ampèremètres, voltmètres, compteurs, etc.

» Ils constituent à eux seuls un laboratoire complet pour courants continus, d'un maniement commode, laboratoire uniquement composé d'accessoires pour ainsi dire indérégtables avec le temps, et qui permet au praticien peu accoutumé aux habiletés de la Physique, d'atteindre, sans préparation spéciale, des résultats d'une grande précision. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Gosselin.

La séance est levée à 10^h 25^m.



PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

5/5. — Installations électriques en Espagne; *A. Lietke*. — Introduction de la traction électrique sur les tramways de Berlin.

12/5. — Essais d'isolement des lignes de tramways; *M. Stobrawa*. — Signaux avertisseurs pour passages à niveau non surveillés; *L. Kohlfürst*. — Essais sur l'appareil de Kœpsel pour l'étude magnétique des fers; *E. Orlich*.

19/5. — Uniformisation des douilles Edison; *H. Hundhausen*. — Compensateur pour les enroulements en dérivation des régulateurs; *Körting et Mathiesen*. — Sur l'effet Elihu Thomson; *W. Weiler*.

26/5. — Calcul de la dispersion magnétique; *A. Rothert*. — Exploitation par accumulateurs du réseau téléphonique de Buenos-Ayres; *A. Tribelhorn*.

2/6. — Charrue électrique; *Müllendorff*. — Calibres et gabarits pour douilles Edison; *H. Hundhausen*. — Projet pour le chemin de fer de la Wanusee; *L. Rottenburg*.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

29/4. — Fabrication et installations de « The Electrical Storage Co »; *J. Wetzler*. — Installations des lignes téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*. — Prix de l'énergie du Niagara à Buffalo; *C. Emery*.

5/5. — Elevated Rail-road de Chicago; *J. Cravath*. — Protection pour les systèmes à trois fils; *E. Oxley*. — Installations des lignes téléphoniques; *A. Dobbs*. — Utilisation des chutes de Saint-Anthony.

12/5. — Le nouveau métropolitain de New-York; *E. Stevenson*. — Réaction d'induit dans les machines à courant continu; *E. Bessey*. — Installations des lignes téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*.

19/5. — Nettoyage et entretien des lampes à arc enfermé; *J. Hallberg*. — Installations des lignes téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*.

Electrical World.

30/4. — Transformateur du Niagara; *T. Child*.

7/5. — Nettoyage des lampes à arc enfermé; *J. Hallberg*. — Contacts superficiels; *G. Hantchet*. — Photométrie dans les stations centrales; *J. Howell*.

14/5. — Méthode simple et approximative de déterminer les composantes sinusoï-

dales d'une onde; *E. Houston et J. Kenelly*. — Contacts superficiels (*suite*). — De la valeur réelle des lampes à incandescence; *J. Wilcox*.

21/3. — Calcul mécanique des chutes de potentiel; *W. Browne*.

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

Le moteur d'induction à courant alternatif simple; *C. Steinmetz*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

6/3. — Précautions contre les arrêts dans les stations centrales; *L. Andrews*. -- Charbons pour lumière et autres applications (*suite*); *F. Jehl*. — Retours par les rails des tramways électriques; *H. Parshall*. — Observatoire magnétique de Toronto; *R. Stupart*.

13/3. — Distributions municipales au point de vue commercial; *A. Gibbings*. — Système téléphonique du Royaume-Uni; *F. Raphael*.

20/3. — Sur les écrans magnétiques (*suite*); *H. du Bois*. — Balance magnétique pour essais de perméabilité; *J. Ewing*. — Compteur pour faibles courants d'éclairage; *A. Gibbings*. — Tramway de Kidderminster et Stourport.

27/3. — Construction du caniveau de tramway de New-York. — Calcul des moteurs pour accélération rapide; *C. Carus Wilson*. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*.

3/6. — Charbons pour lumière et autres applications (*suite*); *F. Jehl*. — Distributions municipales (*suite*); *A. Gibbins*. — Effets d'un échauffement prolongé sur les propriétés magnétiques du fer; *S. Roget*. — Calcul des moteurs pour accélération rapide (*fin*); *C. Carus Wilson*. — Méthodes électrolytiques de raffinage de l'or; *J. Kershaw*.

Electrical Review.

6/3. — Porte-balais pour charbons; *E. Scott*. — Méthode de réduction à zéro pour essais de câbles par accumulation; *E. Raymond Barker*. — Propriétés électriques des alliages; *R. Appleyard*.

13/3. — Fabrication des accumulateurs au lithanode.

20/3. — Bureau central automatique. — Indicateur à intégration continue de Little.

27/3. — Shunt universel; *J. Rymer-Jones*.

3/6. — Relai vibrant pour câbles; *E. Gulstad*. — Rayons cathodiques dans un champ électrique. — La lampe Hefner. — Effets de la foudre sur les lignes de transmission; *A. Gibson*. — Note sur l'extraction électrolytique de l'or des solutions cyanurées; *S. Cowper-Coles*.

Journal of the Institution of Electrical Engineers.

Fabrication des lampes et autres appareils pour circuits à 200 volts; *G. Bisswanger Bing*. — Commutation sans étincelles; *H. Allen*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

1/3. — Recherches sur l'arc électrique; *J. v. Sahulka*. — Chemin de fer central de Londres. — Développement de la Téléphonie en Autriche; *H. v. Hellrigl*.

8/3. — Mise en parallèle des alternateurs; *G. Frisch*. — Développement de la Téléphonie en Autriche (*fin*); *H. v. Hellrigl*.

13/3. — Téléphonie moderne; *V. Barth*. — Progrès de l'industrie électrochimique; *E. v. Fodor*. — Utilisation des chutes de Kerka en Dalmatie.

22/3. — Progrès de l'industrie électrochimique (*suite*); *E. v. Fodor*. — Téléphonie moderne (*suite*); *V. Barth*.

29/3. — Expériences sur les accumulateurs; *L. Gebhard*. — Téléphonie moderne; *V. Barth*.

AVIS.

A la suite d'un inventaire des collections du *Bulletin* de la Société, le Bureau a décidé que quelques numéros et volumes, qui se trouvent en nombre suffisant, pourraient être offerts aux Sociétaires à des conditions de prix très réduites.

MM. les Sociétaires qui désireraient compléter leurs collections sont priés d'adresser leurs demandes, accompagnées du montant de l'envoi, au siège social, 14, rue de Staël, à Paris.

Les prix sont ainsi fixés :

Numéros séparés, l'un.....	fr 0,60
Volumes séparés.....	6,00
Collection des 12 premiers Volumes (années 1884-1895 inclus)....	60,00

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Compte rendu des Travaux de la Section de la Propriété industrielle, du Congrès de Bruxelles (du 7 au 10 septembre 1897); par D.-A. CASALONGA. *Extrait du Bulletin du Syndicat des Ingénieurs-Conseils en matière de propriété industrielle.* (Don de l'Auteur.)

Deux numéros de la *Lumière électrique*, année 1894. (Don de M. Bruns-
wick.)

Distribution de l'électricité. Installations isolées; par M. R.-V. PICOU; 1 vol.
relié. (Don de M. R.-V. Picou.)

Distribution de l'électricité. Usines centrales; par M. R.-V. PICOU. (Don de
M. R.-V. Picou.)

Génie civil, 12 premières années, reliées. (Don de M. R.-V. Picou.)

L'Électricité à Paris et à Berlin. Imprimerie Chaix, Paris, 1898. (Don de
M. Aug. Lalance.)

Manuel de l'Inventeur; par C. BLÉTRY et C. BLÉTRY fils. Gauthier-Villars et
fils, éditeurs, 7^e édition. (Don des Auteurs.)

Technique et applications des rayons X; par G.-H. NIEWENGLOWSKY. H. Des-
forges, éditeur, Paris, 1898. (Don de l'Éditeur.)

Étranger.

Les gaz de l'atmosphère; par WILLIAM RAMSAY, traduit de l'anglais par G.
Charpy. Paris, Georges Carré et C. Naud, éditeurs, 1898. *Bibliothèque de
la Revue générale des Sciences.* (Don des Éditeurs.)

*Message from the President of the United States transmitting the Report
of the naval court of inquiry upon the destruction of the United States
battle ship Maine*. Government printing Office, Washington, 1898.
From the Smithsonian Institution.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Le concours de fiacres et l'Exposition des automobiles (M. Ed. Hospitalier), p. 275.

Avis aux Sociétés d'éclairage et Propriétaires d'installations électriques, p. 327.

OUVRAGES OFFERTS, p. 328.

PERIODIQUES ÉTRANGERS, p. 329.

BIBLIOGRAPHIE, p. 331.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 6 juillet 1898 (1).

PRÉSIDENCE DE M. R.-V. PICOU.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société et des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Ansil (D. Miguel), Ingénieur électricien à Sanguésa, province de Navarre (Espagne).

— Présenté par MM. Gosselin et Sabourain.

Cavelier de Mocomble (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 83 boulevard Magenta, à Paris. — Présenté par MM. Brunswick et Fayot.

Hammer (Jean), Ingénieur conseil, 58 bis, rue de Metz, à Nancy. — Présenté par MM. L. Jénot et Brunswick.

Hurmuzescu, Directeur de lycée, Professeur à l'Université de Jassy, à Jassy (Roumanie). — Présenté par MM. C.-M. Gariel et R.-V. Picou.

Jénot (Célestin), Ingénieur, Chef de service de la force motrice aux Chantiers navals, ateliers et fonderies de Nicolaieff, à Nicolaieff (Russie méridionale). — Présenté par MM. Brunswick et Baechler.

Rühlmann (Moritz-Richard), Professeur, recteur Rgliche Realgumnasium, à Doebern (Allemagne). — Présenté par MM. Brunswick et Fayot.

Turbiaux (Paul), Électricien, 35, rue de Soissons, à Bordeaux. — Présenté par MM. Chevallier et Vène.

Vicarino (Charles-Auguste), Administrateur délégué de la Compagnie générale électrique, 33, rue Oberlin, à Nancy. — Présenté par MM. Jénot et Brunswick.

Mauclerc (Alexandre-Léon), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones*, 7, rue Poussin, à Paris. — Présenté par MM. R.-V. Picou et Gosselin.

Peyré (Gaston), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones*, 39, faubourg Saint-Martin, à Paris. — Présenté par MM. R.-V. Picou et Gosselin.

Santerre, 5, quai Malaquais, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. CANTACUZÈNE (J.-A.), MARGAINE (Georges), SCHNEIDER (H.) et HUREAU DE VILLENEUVE (Abel); il en exprime ses regrets au nom de la Société.

Des remerciements sont adressés à la maison Breguet, qui a mis à la disposition de l'École un de ses ouvriers pour diriger les exercices de bobinage des élèves, et à M. Ducretet, qui a bien voulu prêter à l'École ses appareils de télégraphie sans fil.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

La Communication présentée au cours de cette séance par M. CH.-ED. GUILLAUME, sur la *Détermination mécanique des courbes terminales des spiraux*, sera publiée dans le prochain numéro du *Bulletin*.

LE CONCOURS DE FIACRES ET L'EXPOSITION DES AUTOMOBILES.

M. ED. HOSPITALIER. — « Messieurs, le Concours et l'Exposition organisés par l'Automobile-Club de France viennent de fournir la preuve évidente, après bien d'autres preuves, que les trois principaux agents moteurs des automobiles : *vapeur, essence de pétrole, électricité*, ont leur domaine nettement limité.

» La *vapeur* est et restera l'agent moteur des lourds véhicules destinés au transport des marchandises et des voyageurs, elle réalisera la locomotion routière.

» L'*essence de pétrole* convient aux grandes vitesses, au grand tourisme, aux excursions, et aussi au service des particuliers dans les villes, à tous ceux enfin que la mécanique compliquée, l'huile et le cambouis n'effraient pas.

» L'*électricité* sera, au siècle prochain, l'agent moteur des fiacres, des voitures de maître, d'agrément et de promenade dans les villes, en attendant que des progrès nouveaux réalisés par les accumulateurs étendent son champ d'action.

» Pour s'en convaincre, il suffit de jeter un coup d'œil sur la liste incomplète des avantages évidents des voitures électromobiles sur les voitures à chevaux ou à moteur à essence de pétrole. Voici cette liste :

AVANTAGES DES VOITURES ÉLECTROMOBILES,

Sur les voitures à chevaux :

- Suppression des écuries, des fosses à fumier et du crottin dans les rues.
- Suppression des dépôts de fourrages.
- Suppression des dépenses au remisage.
- Réduction de l'espace occupé par la voiture dans la rue ou dans la remise.
- Réduction du bruit.
- Réduction des accidents, par suite de la docilité du véhicule.
- Propreté.
- Facilité de conduite.
- Facilité d'interchangeabilité des caisses.
- Plus grande vitesse moyenne.
- Meilleur éclairage.

Sur les voitures à essence de pétrole :

- Suppression des dangers d'incendie.
- Suppression des trépidations.

- Suppression de l'odeur.
- Suppression des consommations à l'arrêt.
- Réduction du bruit.
- Réduction des frais d'entretien de la voiture et du mécanisme.
- Plus grande facilité de conduite.
- Plus grande facilité de nettoyage et d'entretien.
- Plus grande propreté.

» Mais ces avantages sont en partie compensés par des inconvénients, que l'impartialité nous fait un devoir de mettre également en évidence, ne fût-ce que pour signaler les points sur lesquels la sagacité des inventeurs pourrait le plus utilement s'exercer.

INCONVÉNIENTS.

- Nécessité d'usines de charge.
- Difficultés de ravitaillement.
- Poids élevé des accumulateurs.
- Temps nécessaire pour la charge des batteries.
- Surveillance et entretien des accumulateurs.
- Détérioration rapide des batteries.

» Tout compte fait cependant, il nous semble que la somme des avantages compense, et au delà, celle des inconvénients, et c'est avec confiance que j'ai l'honneur de vous présenter l'état actuel de l'évolution électromobile, tel qu'il ressort du Concours et de l'Exposition organisés par l'Automobile-Club de France.

1. CONCOURS DE VOITURES DE PLACE AUTOMOBILES.

» Nous décrirons d'abord rapidement les véhicules qui ont pris part à ce concours, en faisant ressortir leurs particularités essentielles, et nous reproduirons, sous forme de Tableaux comparatifs, les principaux résultats des essais poursuivis du 1^{er} au 11 juin 1898, par une Commission de l'A. C. F. présidée par M. Forestier, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

» Toutes les voitures qui ont effectivement participé au Concours dès le premier jour étaient munies de pneumatiques Michelin (sauf deux voitures Krieger dont les roues d'arrière portaient des bandages en caoutchouc plein du type dit *Compound*), et d'accumulateurs Fulmen. Nous commencerons donc cette étude par une description sommaire de ces accumulateurs.

» **Accumulateurs.** — Les accumulateurs destinés aux électromobiles doivent présenter comme qualités primordiales une grande *puissance spécifique* (watts par kilogramme de poids *total*) et une grande *énergie spécifique* (watts-heure par kilogramme de poids *total*), afin de permettre de réduire le plus possible le poids mort transporté, et d'augmenter ainsi la longueur du parcours que la batterie permet d'effectuer sans recharge.

» Ces chiffres sont aujourd'hui bien établis pour un certain nombre de types d'accumulateurs, et nous avons eu personnellement l'occasion, au Laboratoire d'Électricité de l'École de Physique et de Chimie industrielles de la ville de Paris, de suivre expérimentalement, pas à pas, les progrès réalisés par les appareils d'emmagasinement de l'énergie électrique depuis une quinzaine d'années, et, en particulier, ceux de l'accumulateur *Fulmen* employé par tous les concurrents du Concours des fiacres.

» Grâce à l'obligeance de M. Brault, administrateur délégué de la Société l'*Accumulateur Fulmen*, nous avons pu étudier complètement un type d'élément spécialement établi pour les accumobiles, et déterminer avec soin ses conditions de construction et de fonctionnement.

» Le type que nous avons expérimenté et désigné par le symbole B₁, comprend 13 plaques, 6 positives et 7 négatives. Les plaques rectangulaires ont 18^{cm},5 de hauteur, 9^{cm},5 de largeur et 4^{mm} d'épaisseur. Elles forment un quadrillage à 24 alvéoles rectangulaires dans lesquelles est logée la matière active.

» Les plaques *humides*, coupées au ras de l'attache, nous ont donné les poids respectifs suivants de grillage et de matière active (en grammes) :

	Plaque	
	positive.	négative.
Grillage.....	135	135
Matière active	340	255
Poids total	475	390

» La surface de chaque plaque est de 1^{dmq},75, ce qui correspond à 21^{dmq} de surface totale pour les 12 faces des 6 plaques positives. Le bac en celluloid et les séparations des plaques pèsent 600^{gr}.

» Le poids total de l'élément complet avec le liquide est de 7^{kg},5 environ.

» M. Brault considère comme régime normal de décharge un courant de 21 ampères correspondant à une décharge *continue* en cinq heures, soit une densité de courant de 1 ampère par décimètre carré de surface de plaque positive; mais l'accumulateur peut, aux dépens de sa capacité, fournir jusqu'à 50 ampères en décharge continue, et jusqu'à 100 ampères en décharge interrompue, pour un coup de collier, par exemple.

» A la décharge normale en cinq heures, la différence de potentiel utile moyenne de l'élément est de 1,9 volt et la capacité de 105 ampères-heure. Chaque élément de 7^{kg},5 débite au régime normal 40 watts utiles et renferme une énergie disponible égale à 200 watts-heure.

» Les constantes spécifiques de l'élément sont donc les suivantes, rapportées au poids *total* :

Débit spécifique, en ampères par kilogramme	3
Puissance utile spécifique, en watts par kilogramme.....	5,3
Capacité spécifique, en ampères-heure par kilogramme.....	14,6
Énergie utile spécifique, en watts-heure par kilogramme.....	26
Poids spécifique, en kilogrammes par kilowatt	190
Poids spécifique, en kilogrammes par kilowatt-heure.....	37,5

» Au régime de 5 watts par kilogramme, l'accumulateur Fulmen renferme donc plus de 25 watts-heure par kilogramme. Ces deux chiffres suffisent pour calculer le poids d'accumulateurs nécessaire pour actionner une automobile d'un poids total donné à une vitesse donnée sur un terrain donné, connaissant le rendement du moteur et de la transmission, ainsi que le chemin à parcourir entre deux charges successives.

» Si l'on double le régime de décharge spécifique continue, et qu'on le porte à 10 watts par kilogramme, l'énergie spécifique s'abaisse à 20 watts-heure par kilogramme. S'il ne faut plus que 100^{kg} d'accumulateurs pour produire 1 kilowatt, il en faut, par contre, 50^{kg} (au lieu de 40^{kg}) pour emmagasiner 1 kilowatt-heure.

» Si, au contraire, on réduit de moitié le régime spécifique de décharge continue, l'énergie spécifique disponible augmente et atteint 30 watts-heure par kilogramme.

» Il convient donc de ne pas perdre de vue, en calculant le poids d'une batterie, qu'on perd en énergie ce qu'on gagne en puissance, et inversement, et que les accumulateurs se conservent d'autant mieux qu'on les soumet à des régimes de décharge plus modérés.

» Dans l'application spéciale aux accumobiles, la décharge n'est pas continue, mais, au contraire, extrêmement variable, et coupée d'intervalles de repos favorables à la diffusion du liquide, diffusion également favorisée par l'agitation des éléments pendant la marche. Les chiffres indiqués pour le régime normal peuvent donc être acceptés comme représentant l'énergie réellement disponible, malgré les variations de débit.

» En ce qui concerne la durée des éléments, nous ne pouvons donner aucun chiffre, car les conditions dans lesquelles fonctionnent les accumulateurs au laboratoire ou sur la route sont trop différentes. Les exploitations d'accumobiles ne tarderont pas à nous renseigner sur ce point important.

» Les accumulateurs Fulmen du type B sont désignés d'après le nombre de plaques qu'ils renferment. Le Tableau ci-dessous résume leurs principales dimensions et conditions de fonctionnement.

Accumulateurs Fulmen (type B).

Éléments.	Nombre de plaques.				
	9.	11.	13.	17.	21.
Longueur, en centimètres.....	8	9,5	11	14,5	18
Largeur, en centimètres.....	11	11	11	11	11
Hauteur d'encombrement, en centimètres.....	30	30	30	30	30
Poids total, en kilogrammes.....	5,3	6,5	7,7	10	12,4
Capacité en ampères-heure (décharge en cinq heures).....	70	85	105	140	175
Énergie en watts-heure (décharge en cinq heures).....	133	160	200	266	333

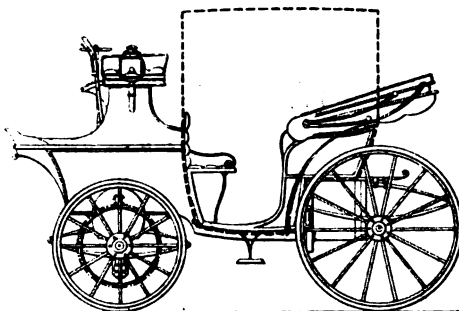
» Ce sont les chiffres de ce Tableau qui ont servi au calcul du poids d'accumulateurs porté par chacune des voitures du concours. Les poids seront probablement majorés de 3 pour 100 dans les nouveaux types à boîtes en ébonite qui doivent remplacer le celluloid trop facilement inflammable. Il y aurait lieu d'expérimenter les tissus pégamoïdés, les vases en toile laquée à chaud sous pression, les vases en carton comprimé laqué ou caoutchouté, les vases en

ambroïne, etc. L'invention d'un vase à la fois solide, souple, léger et résistant serait certainement bien accueillie par les constructeurs d'accumulateurs et leur clientèle future.

» **Voitures Kriéger** (nos 1, 2, 3, 16). — Sur les quatre voitures présentées au concours par M. Kriéger, trois surtout méritent de fixer l'attention; elles portent les nos 1, 3 et 16. La victoria n° 2 est une voiture d'essai, d'un type aujourd'hui abandonné par l'inventeur, et dont les dispositions spéciales ne présenteraient pour nos lecteurs qu'un intérêt rétrospectif.

» Les voitures 1, 3 et 16 sont absolument identiques et ne diffèrent que par leur carrosserie facilement interchangeable. C'est là une considération importante au point de vue du capital engagé et de l'encombrement, puisque, du jour au lendemain, le coupé peut se transformer en victoria ou inversement, en n'immobilisant qu'une caisse de rechange (*fig. 1*).

Fig. 1.



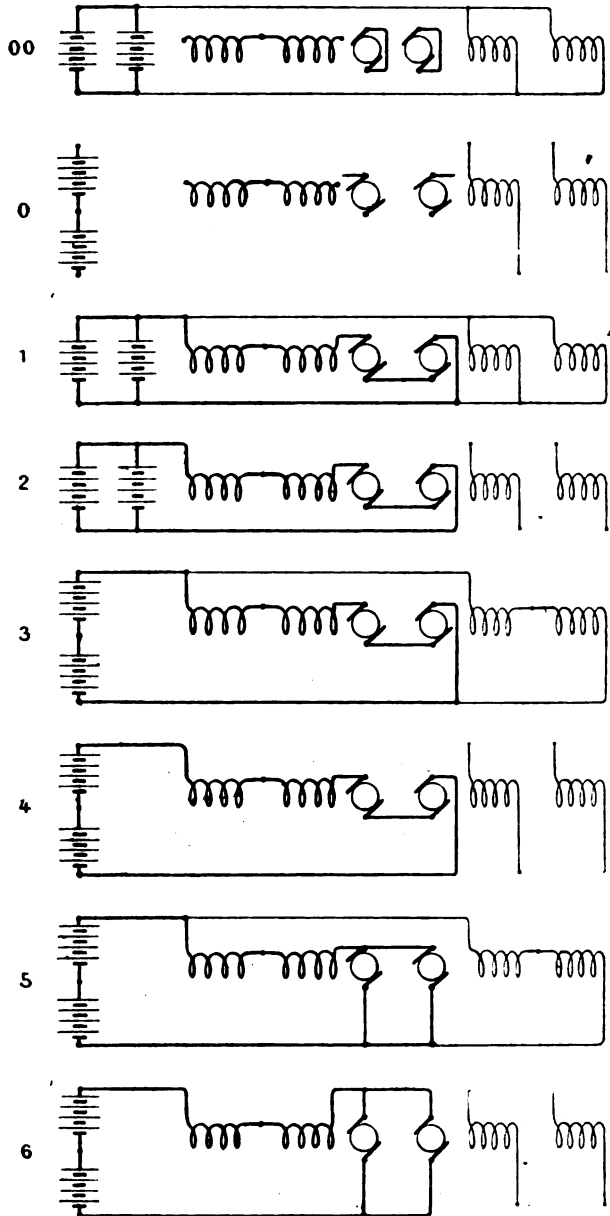
Interchangeabilité des caisses des voitures Kriéger (1).

» Les roues, en bois, sont garnies de pneumatiques à l'avant, de pneumatiques ou de bandages en caoutchouc plein à l'arrière. L'avant-train, à la fois moteur et directeur, est à double pivot, et chacun des pivots sert de support à un moteur électrique d'une puissance normale de 3000 watts attaquant directement par un pignon à denture hélicoïdale une roue dentée montée sur la roue : il est difficile de concevoir une disposition plus simple, dont les moteurs soient plus facilement accessibles pour les visites; les

(1) Les clichés des figures 1, 2, 5, 6, 7, 12, 15 et 16 ont été prêtés par la Direction du journal *L'Industrie électrique*.

nettoyages, les réparations ou les remplacements. Le châssis droit, en bois et acier, supporte, par l'intermédiaire de ressorts, les

Fig. 2.

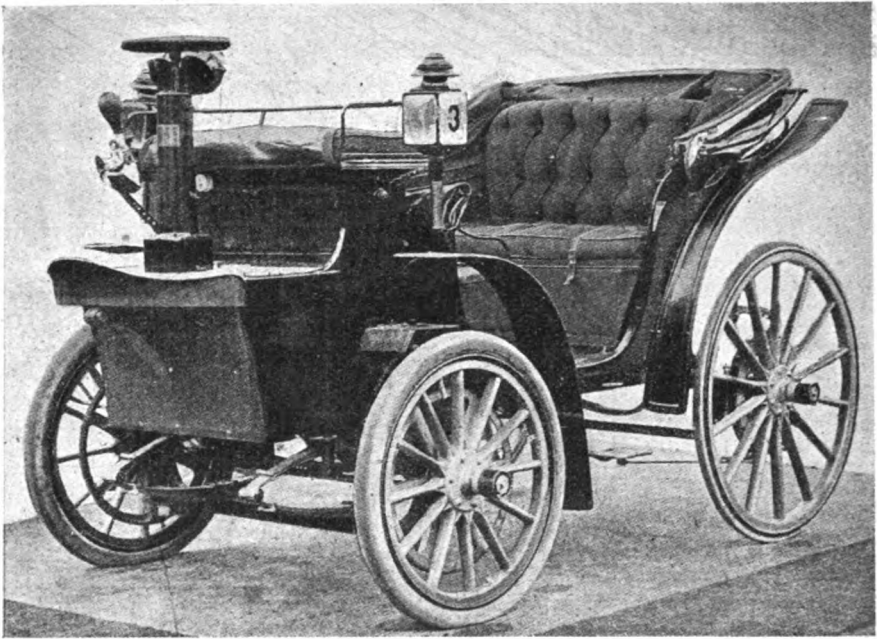


Combinateur des voitures Krieger, n° 1, 3 et 16.

caisses d'accumulateurs et la caisse de la voiture. Ces caisses d'ac-

cumulateurs, au nombre de deux, sont disposées l'une à l'avant, l'autre à l'arrière de la voiture, et peuvent être facilement retirées pour les visites ou les rechanges, sans qu'il soit nécessaire de faire ou de défaire aucune connexion.

Fig. 3.



Victoria de M. Krieger, n° 3.

» Chacune des batteries d'accumulateurs se compose de 22 éléments Fulmen couplés en tension, du type B à 17 plaques, pesant 10^{kg},4 par élément.

» Chaque moteur se compose d'un induit en tambour entouré d'un inducteur à quatre pôles rayonnants sur lesquels sont roulées quatre bobines d'excitation, deux en série, à gros fil, deux en dérivation, à fil fin. La carcasse polygonale sur laquelle sont fixés les pôles forme un carter qui enveloppe et protège très efficacement le moteur.

» La manœuvre complète de la voiture comprend quatre organes distincts :

» 1^o Une direction à volant horizontal agissant sur les roues d'avant ;

» 2° Un combinateur à levier pour les différentes vitesses, l'arrêt et la marche arrière :

COMBINATEUR DES VOITURES KRIÉGER (N ^{os} 1, 3 et 16).				
Positions du combinateur.	Rôle.	Deux batteries.	Excitations.	Deux induits.
— 1.....	Marche arrière	En dérivation	Shunt et série	{ En tension et inversés
00.....	{ Freinage sans récupération }	»	Shunt	{ En court-circuit
0.....	Arrêt	En tension	Ouvertes	Ouverts
1.....	Démarrage	En dérivation	Shunt et série	En tension
2.....	2 ^e vitesse	»	Série	»
3.....	3 ^e »	En tension	Shunt et série	»
4.....	4 ^e »	»	Série	»
5.....	5 ^e »	»	Shunt et série	En dérivation
6.....	6 ^e »	»	Série	»

» 3° Un frein à pédale agissant sur la roue arrière et coupant le circuit;

» 4° Un bouton de récupération manœuvré au pied.

» Le combinateur comprend huit positions définies par le Tableau synoptique ci-dessus.

» A certaines vitesses les positions 1 et 3 du combinateur produisent un freinage relatif, ou, plus exactement, tendent à limiter la vitesse du véhicule et l'empêchent de s'emballer. C'est un premier freinage ralentisseur, que l'on obtient volontairement à toutes les vitesses, en appuyant avec le pied sur un bouton qui assure l'excitation shunt et met l'excitation série en court-circuit. Le freinage sur la position 00 est plus énergique et agit aux faibles vitesses. Le frein à pédale produit l'arrêt complet. Il n'y a ni frein à sabots, ni frein empêchant le recul, ni béquille, ni rochet. L'arrêt en forte rampe se maintient par un artifice, ou plutôt un expédient qui consiste à manœuvrer le combinateur en *trémolo* sur les positions 0 et 1, ce qui produit une sorte de *piétinement* (?) sur place auquel M. Kriéger renoncera d'ailleurs dans ses nouvelles voitures en disposant un rochet ou un frein à bande agissant dans les deux sens.

» Voitures de la Compagnie générale des transports automobiles (C. G. T. A.) (n° 13). — En dépit d'un préjugé suranné, le nombre 13

n'a pas porté malheur au coupé (*fig. 4*) présenté par la C. G. T. A., et conduit par son inventeur, M. Jenatzy. Sa voiture offre moins d'originalité que celles présentées par ses concurrents, mais elle n'en a pas moins admirablement fonctionné, et détient, jusqu'à nouvel ordre, le record des longs parcours sans recharge, puisque le vendredi 10 juin, après son parcours réglementaire de 60^{km}, elle a roulé sur 46^{km} de plus avant de rentrer dans le parc de recharge.

Fig. 4.



Coupé de la Compagnie générale des transports automobiles, n° 13.

» Sans recherches esthétiques spéciales, M. Jenatzy a simplement approprié une caisse de la Compagnie générale des voitures à la locomotion électrique en la montant sur un avant-train directeur à essieu brisé et un arrière-train moteur. Les accumulateurs Fulmen, au nombre de 44, du type B à 21 plaques, sont disposés dans deux coffres placés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière de la caisse.

» Le moteur unique, excité en série, actionne un arbre intermédiaire sur lequel sont montés le différentiel et un frein à ruban agissant dans les deux sens.

» Pour simplifier autant que possible le combinateur et les manœuvres, M. Jenatzy a supprimé radicalement la récupération et le freinage électrique.

» Le combinateur se réduit à une simple manette tournant au-

tour d'un axe vertical qui sert à intercaler le moteur dans le circuit avec interposition de résistances variables pour passer de la position de démarrage à la position de marche normale. Le même mouvement en sens inverse place le moteur dans les mêmes conditions pour la marche arrière, ce qui permet à cette voiture de rouler aussi vite en arrière qu'en avant, ce que nous avons eu l'occasion de constater personnellement. Cette propriété n'est pas intéressante avec un coupé, mais elle peut être utilisée avec avantage dans certains cas lorsque la forme du véhicule permet à son conducteur de surveiller la route qu'il veut suivre.

» Des changements de vitesse s'obtiennent en divisant la batterie d'accumulateurs en deux groupes de 22 éléments chacun couplés à volonté en quantité, petite vitesse, ou en tension, grande vitesse, à l'aide d'un commutateur spécial.

» Pour les fortes rampes, un changement de vitesse mécanique commandé par un levier spécial actionné par la main gauche du conducteur, permet de réduire la vitesse dans le rapport de 100 à 67. La combinaison du couplage des accumulateurs, du changement de vitesse et des résistances intercalées en circuit donne à la voiture une grande souplesse et une grande élasticité d'allure.

» Le freinage se fait en agissant sur l'arbre intermédiaire par un frein à ruban commandé à la pédale. En station, la voiture est immobilisée par un frein à sabots agissant sur les pneumatiques des roues d'arrière.

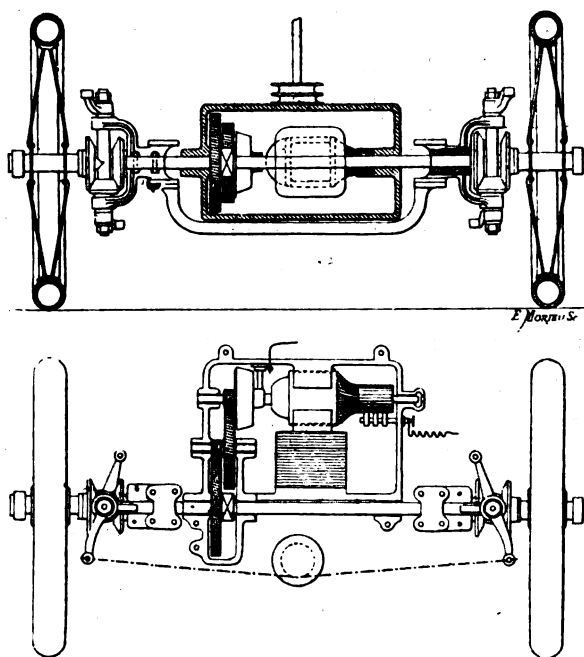
» La manivelle commandant ce frein devrait commander un interrupteur général du courant, en vue d'éviter que, par inadvertance, le conducteur n'essaie de partir avec les freins à sabots serrés, ce qui serait également nuisible aux accumulateurs, au moteur et aux pneumatiques. C'est une lacune facile à combler.

» **Voitures Jeantaud** (nos 21, 22, 23, 24, 25, 26). — M. Jeantaud présentait une collection de voitures des plus intéressantes, les unes par leurs dispositions mécaniques, d'autres par leurs dispositions électriques, une autre par la façon originale dont l'inventeur, rompant avec tous les errements actuels, a résolu le problème de l'emplacement des accumulateurs. Nous les décrirons successivement.

» *Coupé trois-quarts* (n° 21). — Cette voiture est caractérisée par

ses roues en fer à rayons tangents et sa commande des roues d'avant, à la fois motrices et directrices. Les roues, montées sur pivot, sont actionnées par le moteur d'une façon originale, bien que compliquée, à notre avis. Le moteur unique placé à l'avant, sous le siège du

Fig. 5.



Élévations et plans de l'avant-train moteur-directeur de M. Jeantaud.

(Ce dispositif est identique à celui employé sur la voiture n° 21, si on enlève l'embrayage magnétique placé à la gauche de l'induit.)

conducteur, commande la couronne d'un différentiel dont l'axe est dans le prolongement de celui des roues, lorsque celles-ci sont dans la position qui correspond à la marche en ligne droite. Pour transmettre le mouvement de cet axe aux roues, malgré l'inclinaison qu'elles prennent sous l'action de la direction mécanique, l'axe de la roue et celui de l'arbre moteur portent chacun une roue d'angle. Ces deux roues d'angle sont reliées entre elles par un pignon d'angle dont l'axe est précisément le pivot de la roue, qui peut ainsi prendre toutes les directions sans cesser de recevoir son mouvement. Ce mécanisme sert, en quelque sorte, à *plier le couple moteur* en marche.

» Les accumulateurs, du type Fulmen à 17 plaques, au nombre de 50, sont répartis à l'avant et à l'arrière du véhicule.

» Le moteur à double enroulement est soumis à des couplages variés résumés dans le Tableau ci-dessous :

COMBINA TEUR DU COUPÉ N° 21 DE M. JEANTAUD.

Positions du combinateur.	Rôles.	Batteries.	Inducteur série.	Inducteur shunt.	Induit.	Freinage électrique.
0	Arrêt	En tension et isolées	Ouvert	Ouvert	En court- circuit	Bouton mettant excitation shunt sur une batterie
1	Petite vitesse	En quantité	En circuit	En circuit	En circuit	Néant
2	Moyenne vitesse	»	En court- circuit	»	»	Freinage
3	Vitesse accélérée	En tension	En circuit	»	»	Néant
4	Grande vitesse	»	En court- circuit	»	»	Freinage

» La marche arrière s'obtient, à toutes les vitesses, à l'aide d'un inverseur spécial. Les démarrages se font à l'aide d'une pédale qui, soulevée, maintient le circuit coupé. En appuyant sur cette pédale, on introduit graduellement des résistances décroissantes dans le circuit général, la marche normale correspondant à l'abaissement complet de la pédale qu'un accrochage maintient dans cette position.

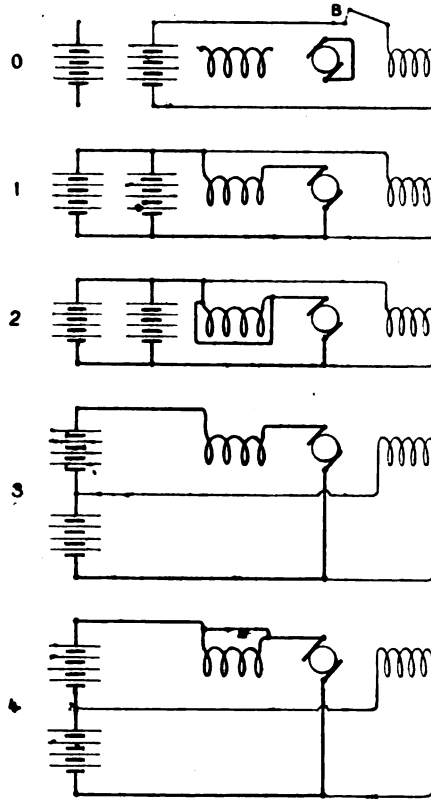
» Les appareils de manœuvre comprennent :

- » 1° Un volant de direction;
- » 2° Un inverseur de courant pour marche arrière;
- » 3° Une pédale de démarrage et de ralentissement momentané;
- » 4° Un combinateur pour les différentes vitesses, placé sur le côté droit du véhicule;
- » 5° Une pédale de frein à tambour agissant dans les deux sens;
- » 6° Un bouton de freinage électrique éventuel à faible vitesse;
- » 7° Une manivelle pour manœuvre du frein à sabot agissant sur les pneumatiques.

» Ces dispositions générales des manœuvres ont été modifiées et simplifiées dans les voitures plus récentes qui portent les n°s 22 à 26.

» *Coupé à deux places* (n° 22). — *Landaulet* (n° 23). — *Mylord* (n° 24). — Ces trois véhicules ont un mécanisme identique au cab n° 25, que nous allons décrire, et ne se caractérisent que par leur carrosserie. On leur a reproché leur luxe qui en fait plutôt des voitures de maître que des voitures de place ou de louage; mais, outre

Fig. 6.

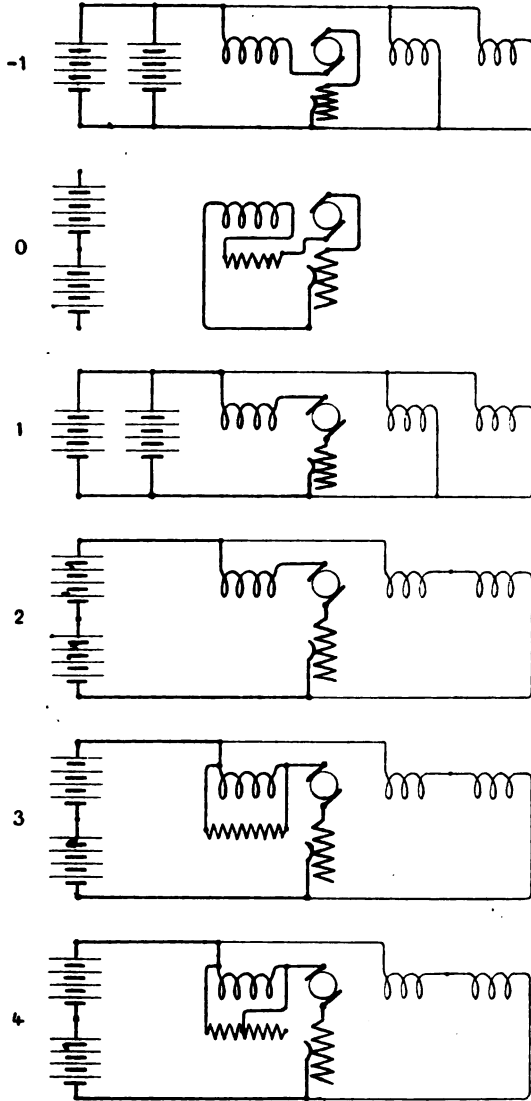


Combinateur du coupé à avant-train moteur de M. Jeantaud, n° 21.
(Le contact B sert éventuellement de frein électrique sans récupération.)

que rien n'est plus facile que de remédier à cet inconvénient, si inconvénient il y a, nous ne saisissons pas pourquoi les véhicules électriques, si propres et si confortables, ne seraient pas plus luxueux que les voitures économiques auxquelles nous ont condamnés, jusqu'à ce jour, les loueurs d'hippomobiles. Nous n'insisterons donc point sur ces véhicules dont nous allons retrouver le mécanisme dans le cab.

» *Cab* (n° 25). — Le *cab* a été le triomphe de l'écurie (?) Jeantaud, comme le coupé n° 16 a été celui de l'écurie Krieger. Il constitue,

Fig. 7.

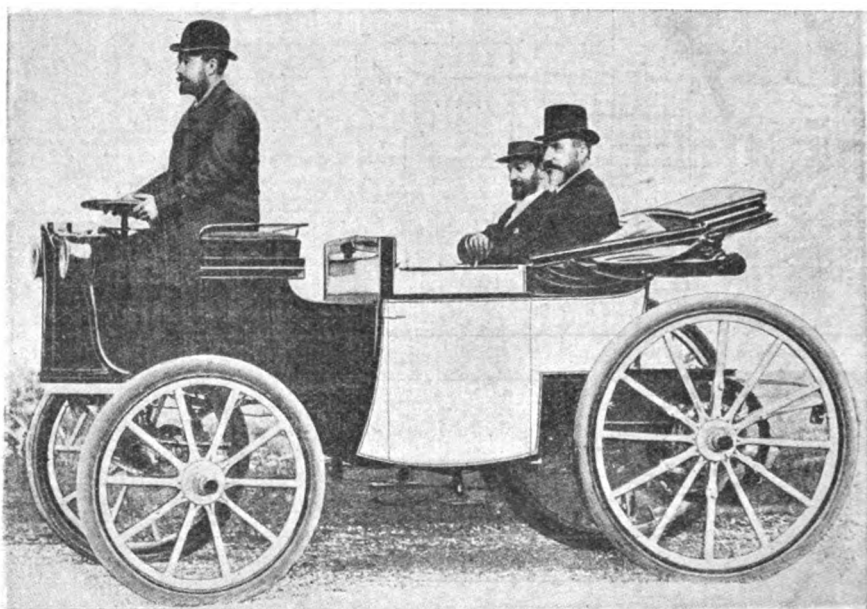


Combinateur des voitures Jeantaud, n° 22 à 25.

en matière de carrosserie automobile électrique, tant au point de vue esthétique qu'au point de vue pratique, une véritable innovation et une idée très heureuse au point de vue de l'agrément des voya-

geurs. Pour laisser l'espace libre et faciliter la visite et le remplacement des accumulateurs, M. Jeantaud a carrément placé sa batterie dans une caisse portant sur les roues d'avant, et placé le conducteur à l'arrière, au-dessus de la caisse de la voiture, comme dans le *handsom* anglais. Le poids se trouve ainsi bien réparti sur les essieux, et les rampes les plus dures peuvent être franchies sans

Fig. 8.



Laudalet n° 23 de M. Jeantaud (ouvert).

aucun des inconvénients que rencontrait le *handsom* hippomobile dans les mêmes conditions.

» Comme dans le 22, le 23 et le 24, la transmission se fait aux roues arrière par un arbre intermédiaire commandé par engrenages par le moteur : cet arbre porte le différentiel et commande par chaînes les roues arrière.

» Le moteur, induit en tambour et à deux pôles, porte deux enroulements inducteurs, l'un série, l'autre shunt. Les accumulateurs forment deux groupes de vingt-deux éléments chacun (Fulmen à quinze plaques), que l'on peut également coupler en quantité ou à tension. Un combinateur, dont les positions successives sont indi-

quées dans le Tableau ci-dessous, établit les connexions convenables entre les différentes parties. Pour chacune des positions du combinateur, un rhéostat, manœuvré à la pédale, permet d'intercaler des résistances dans le circuit général et de réduire ainsi momentanément les vitesses. Ce rhéostat sert également au démarrage, ainsi qu'à un freinage électrique gradué par intercalation de résistances dans l'induit fermé sur lui-même et excité en dérivation, ce qui réalise un freinage graduel et réglable instantanément à volonté. Le combinateur porte un arrêt empêchant de dépasser le cran zéro, et de ne faire marche arrière que d'une façon préméditée.

COMBINA TEUR DU CAB N° 25 DE M. JEANTAUD.

Positions du combinateur.	Rôles.	Accumulateurs.	Excitation série.	Excitation shunt.	Induit.	Rhéostat.
—1	Marche arrière	En quantité	En circuit	En circuit	En circuit	En circuit
0	Arrêt-freinage	En tension ouverts	En circuit et sur induit	Hors circuit	En circuit et inversé	En circuit pour freinage
1	Petite vitesse	En quantité	En circuit	En circuit	En circuit	En circuit (*)
2	Vitesse moyenne	En tension	»	»	»	Hors circuit
3	Vitesse accélérée	»	En circuit, shuntée sur deux résistances	»	»	»
4	Grande vitesse	»	En circuit, shuntée sur une résistance	»	»	»

(*) Un blocage mécanique ne permet pas au combinateur de passer de la position 1 à la position 2 sans que l'on ait, au préalable, intercalé dans le circuit la résistance de démarrage commandée par une pédale placée sous le pied droit du conducteur.

» Le conducteur a donc cinq organes en tout à manipuler pour la manœuvre du véhicule :

» 1° Un volant de direction horizontal, agissant sur les roues d'avant montées sur essieu à double pivot;

» 2° Un combinateur avec son encliquetage;

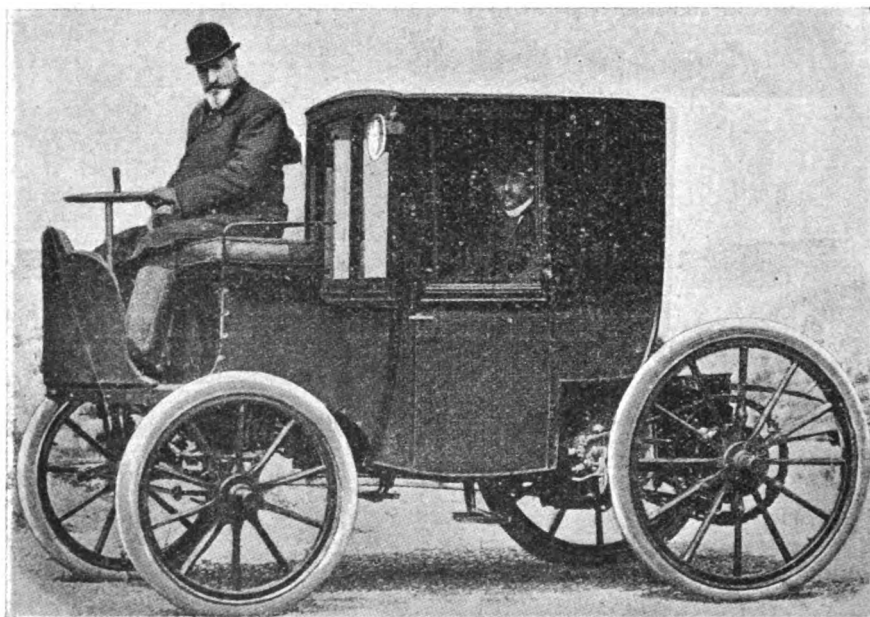
» 3° Un levier pour le frein à corde coupant le circuit et agissant sur les roues arrière dans les deux sens;

» 4° Une pédale commandant le rhéostat de démarrage;

» 5° Une manivelle commandant un frein à ruban agissant sur les bandages et ne servant qu'exceptionnellement.

» *Drojki* (n° 26). — La petite voiture présentée sous ce nom mérite à peine le nom de fiacre; c'est plutôt un véhicule de ville pour la promenade au Bois, une voiture de maître dont les organes mécaniques et électriques ne sont pas, d'ailleurs, très différents de ceux des voitures 22, 23 et 24; aussi croyons-nous inutile de les

Fig. 9.



Coupé n° 22 de M. Jeantaud.

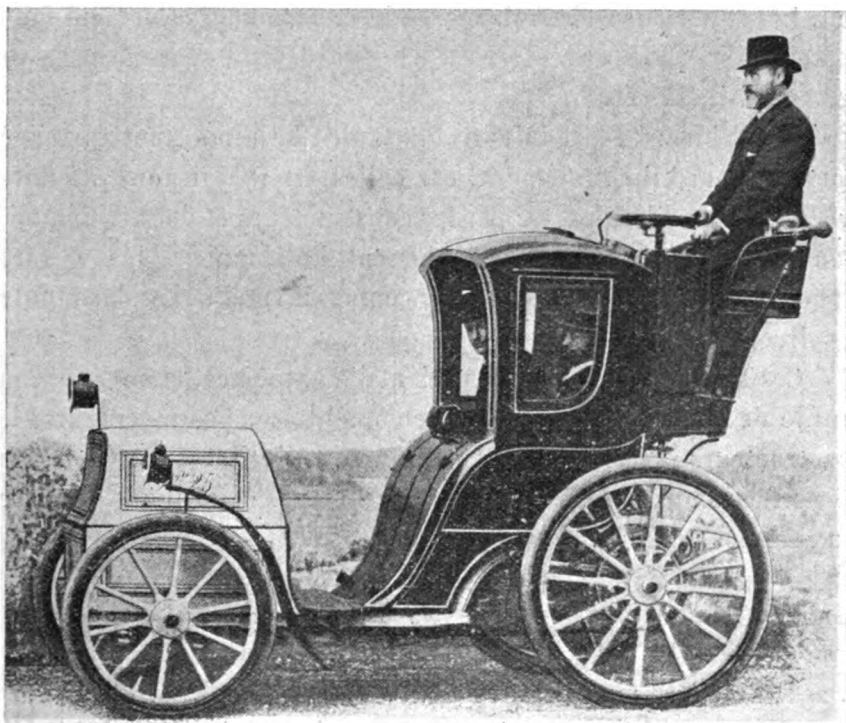
décrire en détail. Le combinateur lui-même est une simple modification de celui des voitures 22 à 25.

» **Voiture à pétrole Peugeot (n° 12).** — Le coupé Peugeot, le seul représentant des dix véhicules à moteur à essence de pétrole inscrits au concours, a parcouru tous ses itinéraires avec une régularité parfaite. Son poids est de 1370^{kg} en ordre de marche avec ses deux voyageurs.

» Il a consommé 16^{lit},5 de pétrole pour son parcours normal de 60^{km}, et monté la rampe du Mont-Valérien (82,8 millièmes) à la

vitesse très régulière de 6^{km} par heure. Sa consommation de pétrole à vide, soigneusement réglée au minimum, est de 1^{lit},85 par heure, plus 0^{lit},2 par heure pour le brûleur. Dans ces conditions, on peut estimer que la consommation d'essence de pétrole, pour une journée entière ordinaire, en tenant compte de l'entretien du brûleur, d'une

Fig. 10.



Cab n° 25 de M. Jeantaud.

part, de la marche à vide forcée dans certaines circonstances, d'autre part, ne saurait être inférieure à 20^{lit} par jour. Il convient d'ajouter à ce chiffre une consommation d'huile de graissage d'environ 500^{gr} par jour. En dehors de ses inconvénients propres : odeur, trépidation, mise en train, allumage du brûleur, entretien, etc., le moteur à pétrole est également inférieur au moteur électrique au point de vue économique, même en faisant une large part à l'amortissement des accumulateurs, pour un service de fiacre dans les villes, et nous ne croyons pas que les prochains concours modifient cette situation,

sous réserve de nouvelles découvertes, toujours possibles dans une industrie dont le dernier mot est loin d'être dit.

EXPÉRIENCES. — ITINÉRAIRES.

» Le programme du concours comportait des expériences de freinage en rampe, de consommation en palier et en rampe à différentes vitesses, et des parcours journaliers de neuf itinéraires de 60^{km} chacun. Les expériences de freinage et de consommation ont été faites le mercredi 1^{er} juin et répétées le samedi 11 juin, après le parcours des neuf itinéraires.

» Les Tableaux reproduits p. 297 à 301 se rapportent aux expériences du 11 juin seulement, car celles du 1^{er} juin ont été faites avec des appareils apportés par les constructeurs et dont la Commission n'avait pu vérifier préalablement l'étalonnage, les voitures étant arrivées au dernier moment, comme il est d'usage dans toutes les circonstances analogues.

» Ces Tableaux comparatifs parlent d'eux-mêmes, et nous croyons inutile de les accompagner d'un commentaire. Les inventeurs, les constructeurs et les intéressés y trouveront d'utiles indications pour les perfectionnements à apporter aux voitures électriques destinées à un service public.

» **Consommations d'énergie.** — Le Tableau relatif aux consommations brutes d'énergie électrique à l'usine, que nous reproduisons p. 295, doit être modifié pour tenir compte du fait que le 10 juin, après les expériences d'épuisement, certaines voitures ont fait une consommation anormale d'énergie électrique pour réparer leurs pertes. Les chiffres ainsi corrigés conduisent au Tableau suivant dans lequel ne figurent que les voitures ayant accompli tous leurs itinéraires, et le drojki n° 26 dont on a calculé la consommation pour cinq jours seulement et un parcours de 300^{km}.

CONSOMMATIONS DES VOITURES.

Éléments.	1.	3.	16.	13.	23.	25.	26.
Consommation d'énergie électrique à l'usine aux bornes des batteries en charge, en kilowatts-heure par jour.....	10,57	11,31	11,15	13,26	12,16	10,07	8,78
Consommation en watts-heure par tonne-kilomètre	176	188	186	221	202,8	167,8	146,3
Consommation en watts-heure par voiture-kilomètre	107	118	105	122,6	121	119	131
Consommation en palier, aux bornes des batteries en décharge, en kilowatts-heure par tonne-kilomètre.....	79,9	77,5	75,3	73,8	83,2	61,5	89,5
Vitesse correspondante, en kilomètres par heure ...	15,45	11,8	19,9	16,8	15,15	16,95	13,8
Énergie électrique à la charge	1,33	1,52	1,32	1,63	1,45	1,91	1,50
Énergie électrique à la décharge en palier							

» Si l'on excepte le cab n° 25 dont les expériences de consommation sont manifestement erronées, on peut conclure de l'ensemble des expériences que la consommation réelle d'une voiture, *aux bornes des batteries*, oscille autour de 80 watts-heure par tonne-kilomètre à la décharge, et autour de 110 watts-heure par tonne-kilomètre à la charge. Il nous est agréable de reconnaître publiquement que ces chiffres sont inférieurs à ceux que nous acceptions il y a seulement un an, d'après les expériences de MM. Morris et Salom. Le progrès est donc manifeste.

CHARGES ET POIDS DES VOITURES.

Éléments.	Krieger.				C. G. T. A.
	1.	2.	3.	16.	13.
Nombre de places	4	2	4	4	2
Charge roues avant.....	810	750	850	876	810
Charge roues arrière.....	496	400	470	510	366
Poids à vide avec conducteur..	1360	1130	1310	1370	1662
Charge utile.....	280	140	280	400	140
Poids en charge.....	1640	1270	1590	1770	1802
Nombre d'accumulateurs.....	44	44	44	44	44
Nombre de plaques (type B) ..	17	13	17	17	21
Poids d'un élément complet ...	10,4	8	10,4	10,4	12,8
Poids d'accumulateurs.....	458	352	458	458	563
Rapport du poids d'accumulateurs au poids total en charge, en pour 100.....	27,9	27,7	28,8	25,8	31,3

CHARGES ET POIDS DES VOITURES (suite).

Eléments.	Jeantaud.					
	21.	22.	23.	24.	25.	26.
Nombre de places.....	3	2	2	2	2	2
Charge roues avant	920	710	770	590	610	400
Charge roues arrière.....	690	780	760	770	670	540
Poids à vide avec conducteur..	1590	1476	1520	1340	1270	950
Charge utile.....	210	140	140	140	140	140
Poids en charge.....	1800	1616	1660	1480	1410	1090
Nombre d'accumulateurs.....	50	44	44	44	44	44
Nombre de plaques (type B)...	17	17	17	15	15	13
Poids d'un élément complet...	10,4	10,4	10,4	9,2	9,2	8
Poids d'accumulateurs.....	520	458	458	405	405	352
Rapport du poids d'accumula- teurs au poids total en charge, en pour 100.....	28,9	28,3	27,6	27,3	28,7	32,3

» **Prix d'exploitation.** — La détermination du prix de revient exact de la journée d'un fiacre électrique est un problème des plus délicats, car les renseignements font encore défaut sur bien des points. M. Forestier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, le Président dévoué et infatigable de la Commission du concours, a néanmoins essayé de le résoudre. Il résulterait de ses recherches que, dans les conditions actuelles, la dépense journalière *brute* d'un fiacre électrique serait supérieure d'environ 0^{fr},50 à celle d'un fiacre hippomobile. Or, comme cette somme de 0^{fr},50 représente très sensiblement le bénéfice actuel des grandes Compagnies, ce bénéfice se trouverait réduit à *néant*. Ces conclusions pessimistes ne doivent pas, heureusement, être acceptées sans réserves, car, si les dépenses des fiacres à chevaux sont à peu près irréductibles, il n'en est pas de même de celles des électromobiles dont les premiers essais remontent à peine à trois années, et dont les premières applications en Amérique et en Angleterre datent d'un an à peine. En allégeant les véhicules, on allégera également les accumulateurs, et, le progrès de ces coûteux mais indispensables intermédiaires aidant, il sera possible de consacrer moins de 4^{fr} par jour à l'amortissement d'une batterie dont le poids, qui oscille aujourd'hui autour de 450^{kg}, pourra certainement être réduit parallèlement à la réduction de poids subie par le reste du véhicule.

DISPOSITIONS MÉCANIQUES DES VOITURES.

Éléments.	Krieger.		C. G. T. A.			Jeantaud.			
	1. 3. 16.	2.	13	21.	22.	23.	25.	26.	
Moteurs.									
Nombre.....	2	3	1	1	1	1	1	1	
Induit.....	Tambour	Anneau	Tambour	Tambour	Tambour	Tambour	Tambour	Tambour	
Nombre de pôles.....	4	3	2	2	4	4	2	2	
Excitation.....	Double	Double	Série	Double	Double	Double	Double	Double	
Poids de chaque moteur, en kilogrammes.....	65	50							
Intensité normale, en ampères.....	40								
Différence de potentiel maxima, en volts.....	90	90	90	100	90	90	90	90	
Rendement annoncé, en pour 100, à puissance normale.....	86	70							
Puissance nominale, en watts.....	3000			3500	4500	4500	3000	2000	
Position du moteur et action sur les roues.....	Avant	Avant	Arrière	Avant	Arrière	Arrière	Arrière	Arrière	
Transmission.									
Nature.....	(Engrenage helicoidal)	Engrenage helicoidal)	Chaines	(Engrenages coniques)	Chaines	Chaines	Chaines	Chaines	
Rapport de réduction.....	16,5	16,5		(1 pour chaque roue)					
Arbre intermédiaire.....	0	0	1	1	1	1	1	1	
Changement de vitesse mécanique.....	0	0	1	0	0	0	0	0	
Différentiel.....	0	0	1	1	1	1	1	1	
Combinateur.									
Nombre de positions avant.....	6	4	Rhéostat	4	4	4	4	4	
Nombre de positions arrière.....	1	1	Rhéostat	1	1	1	1	1	
Couplages spéciaux des batteries d'accumulateurs.....	2	3	3	3	2	2	2	2	
Verrouillage spécial de la machine arrière.....	1	1	0	1	1	1	1	1	
Rhéostat de démarrage.....	0	0	Combinat.	Pédale	Pédale	Pédale	Pédale	Pédale	
Récupération.....	Combinat.	Combinat.	Non	Combinat.	Combinat.	Combinat.	Combinat.	Combinat.	
Freins.									
Nombre total.....	3	2	2	3	3	3	3	3	
Frein mécanique sur les roues arrière.....	Pédale	0	0	1	1	1	1	Pédale	
Frein à sabot sur les jantes.....	0	0	1	1	1	1	1	Manivelle	
Frein mécanique sur l'arbre intermédiaire.....	0	0	1	Pédale	Pédale	Pédale	Pédale	Pédale	
Frein électrique à récupération.....	Combinat.	0	0	0	0	0	0	0	
Frein électrique sans récupération.....	Combinat.	Pédale	0	1	1	1	1	1	

EXPÉRIENCES DE FREINAGE (11 JUIN 1898).

Éléments.	1.	2.	3.	16.	13.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
<i>Freinage en rampe.</i>											
Temps employé pour parcourir les 25 ^m avant le drapeau d'arrêt, en secondes	13,8	12,4	11,3	11,4	9,00	8,0	11,0	9,3	11,4	8,7	10,4
Vitesse moyenne, en km : h.	7,0	7,3	7,4	7,9	10,00	11,2	8,1	9,8	7,9	10,3	8,6
Longueur parcourue après l'arrêt, en mètres.	1,02	3,9	1,92	2,92	2,35	3,1	1,7	2,41	2,10	2,5	2,40
Recul après l'arrêt, en mètres	{ Trémolo } sur le 0-1		{ Continu } sur le 0-1		{ Trémolo } sur le 0-1		{ Continu } sur le 0-1		{ Continu } sur le 0-1		{ Continu } sur le 0-1

Freinage en descente.

Temps employé pour parcourir les 66 ^m entre les deux repères avant le drapeau d'arrêt, en secondes.....	21,0	19,8	16,2	19,6	16,6	17,4	13,6	17,6	16,8	11,8	23,0
Vitesse moyenne, en km : h.	11,3	12,0	14,7	12,1	14,3	13,6	17,4	13,5	14,1	20,1	10,4 ⁽¹⁾
Longueur parcourue avant l'arrêt complet, en mètres.	3,85	10,9	13,45	5,38	4,30	7,07	8,34	12,02	8,13	10,5	2,3

(1) Le numéro 26 s'est arrêté entre les deux drapeaux et est arrivé au drapeau rouge à une vitesse très supérieure à la vitesse moyenne. De plus, son frein à bande cassé avait été enlevé avant la descente.

EXPÉRIENCES DE CONSOMMATION EN PALIER SUR MACADAM SEC ET PROPRE (11 JUIN 1898).

Éléments.	1.				2.	
Vitesse, en kilomètres par heure.....	10,7	15,45	21,9	26,4	4,7	13,7
Différence de potentiel, en volts.....	88	88	87	86	47	90
Intensité, en ampères.....	15	23	36	44	9,5	15,5
Puissance, en watts.....	1320	2024	3132	3784	447	1395
Puissance Poids total, en watts par tonne.....	805	1233	1910	2306	352	1100
Énergie dépensée Chemin parcouru, en watts-heure par voiture-kilomètre.....	143,4	131	143	143,2	94,7	101,7
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids total</i>	75,3	79,9	87	87,2	74,7	80,3
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids utile</i>	441	468	511	512	677	727
Poids total, en kilogrammes.....	1640				1270	
Poids utile, en kilogrammes.....	280				140	
Poids utile Poids total, en pour 100.....	11				11	

Éléments.	3.			10.			13.	
Vitesse, en kilomètres par heure.....	5,9	11,8	20,4	8,8	19,9	25,7	8,5	16,8
Différence de potentiel, en volts.....	46	88	88	48	90	87	45	87,5
Intensité, en ampères.....	14,0	16,5	29,0	20,7	24,4	38,15	25,4	25,5
Puissance, en watts.....	664	1450	2552	1000	2190	3430	1143	2230
Puissance Poids total, en watts par tonne.....	405	912	1605	565	1237	1937	636	1238
Énergie dépensée Chemin parcouru, en watts-heure par voiture-kilomètre.....	109	122,8	125,4	114	115,5	133,4	134,5	132,7
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids total</i>	68,6	77,5	78,6	64,4	65,3	75,4	74,7	73,8
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids utile</i>	390	439	447	285	289	333	960	948
Poids total, en kilogrammes.....	1590			1770			1802	
Poids utile, en kilogrammes.....	280			400			140	
Poids utile Poids total, en pour 100.....	17,6			22,6			7,8	

Éléments.	21.			22.			23.		
Vitesse, en kilomètres par heure.....	8	16	20	6,05	12,25	15,8	11,75	15,15	16,4
Différence de potentiel, en volts.....	52	104	103	45	88	88	88	87	87
Intensité, en ampères.....	21	22,5	31	19,8	20,8	25	21	24	26
Puissance, en watts.....	1102	2345	3187	900	1830	2200	1850	2090	2260
Puissance Poids total, en watts par tonne.....	613	1305	1774	562	1131	1360	1115	1260	1360
Énergie dépensée Chemin parcouru, en watts-heure par voiture-kilomètre.....	137,8	147	159,3	148,5	148,1	138	157	138	137
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids total</i>	76,6	81,6	88,5	92	91,7	85,5	94,5	83,2	82,5
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids utile</i>	656	705	758	1060	1056	972	1120	985	979
Poids total, en kilogrammes.....	1800			1616			1660		
Poids utile, en kilogrammes.....	210			140			140		
Poids utile Poids total, en pour 100.....	11,7			8,64			8,4		

EXPÉRIENCES DE CONSOMMATION EN PALIER SUR MACADAM SEC ET PROPRE (11 JUIN 1898).

Eléments.	24.		25 (1).		26.			
Vitesse, en kilomètres par heure.....	11,5	16,15	7,82	16,95	6,90	12,95	13,8	17,5
Différence de potentiel, en volts.....	89,8	89,8	44	88	46	86	83	80
Intensité, en ampères.....	16,7	21,2	12,36	16,58	14,35	13	16,2	20
Puissance, en watts.....	1500	2178	544	1460	660	1118	1345	1600
Puissance Poids total, en watts par tonne.....	1014	1470	386	1035	605	1025	1235	1467
Énergie dépensée en watts-heure par voi- Chemin parcouru, ture-kilomètre.....	130,4	125,0	69,7	86,2	95,5	86,4	97,5	91,5
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne- kilomètre de poids total.....	88,2	91,2	49,3	61,1	87,5	79,2	89,5	81
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne- kilomètre de poids utile.....	1070	1552	497	615	681	617	695	653
Poids total, en kilogrammes.....	1480		1410			1090		
Poids utile, en kilogrammes.....	140		140			140		
Poids utile Poids total, en pour 100.....	9,4		10			12,8		

(1) Les lectures relatives à la voiture 25 n'ont pas été faites par le Commissaire.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE A L'USINE MESURÉE AUX BORNES DES BATTERIES.

Dates.	1.	2.	3.	16.	13.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
2 juin.....	9,87	3,38	10,42	10,70	13,52	16,12	0,00	14,53	11,26	10,65	0,00
3 ".....	9,73	7,82	10,26	12,50	13,91	0,00	15,28	12,92	3,09	11,67	8,08
4 ".....	10,82	10,93	11,08	11,00	13,91	1,39	0,27	13,37	1,25	10,58	8,53
5 ".....	10,18	10,87	10,54	10,56	13,18	14,44	0,00	12,21	13,02	9,25	8,29
6 ".....	11,00	9,40	10,75	10,77	12,61	15,00	3,12	10,98	12,28	10,13	8,32
7 ".....	9,00	9,52	11,51	10,71	13,11	12,68	12,41	10,49	11,91	9,60	9,30
8 ".....	13,49	10,01	15,50	11,70	13,18	13,55	1,14	11,60	1,15	9,01	5,64
9 ".....	10,53	10,59	10,43	11,31	12,69	14,27	12,15	11,22	0,00	9,70	0,27
10 ".....	13,91	7,48	13,05	11,56	13,18	16,80	13,99	12,98	3,93	12,57	9,37
Totaux.....	98,53	80,00	103,54	100,81	119,29	102,25	58,35	110,30	57,89	93,16	57,89
Kilowatts-heure par jour.....	10,95	"	11,50	11,20	13,25	"	"	12,25	"	10,35	"
Watts-heure par voiture-kilomètre..	182	"	191	185	220	"	"	204	"	172	"
Watts-heure par tonne-kilomètre..	110	"	120	100	130	"	"	122	"	130	"

» Itinéraires. — Du 2 au 10 juin inclus, les voitures ont parcouru trois fois successivement trois itinéraires A, B, C, présentant un développement de 60^{km} chacun, soit un total de 540^{km}. En ajoutant les unes aux autres toutes les rampes rencontrées sur chaque itinéraire, d'après les profils en long dressés par le Service de la voirie de la Ville de Paris, on trouve que la somme des élévations représentées par chacun de ces itinéraires est

Pour l'itinéraire A.....	403,93 ^m
» B.....	282,08
» C.....	380,31

DÉPENSES APPROXIMATIVES D'EXPLOITATION (M. Forestier).

Éléments.	Chevaux.	Essence de pétrole.	Électricité.
Administration.....	0,82	0,82	0,82
Accidents et avaries.....	0,34	0,34	0,34
Taxes, impôts.....	2,42	2,00	2,00
Totaux.....	3,58	3,16	3,16
Location et entretien des bâtiments.....	1,02	0,50	0,50
Conducteurs.....	5,37	5,37	5,37
Palefreniers et laveurs.....	0,94	0,34	0,44
Matériel, entretien et réparations.....	2,67	2,00	2,00
Entretien des pneumatiques.....	"	2,00	2,00
Entretien des moteurs.....	"	3,00	1,00
Totaux.....	13,58	16,37	14,47
Nourriture des chevaux (3,5).....	5,79	"	"
Dépense de pétrole (à Paris).....	"	12,00	"
Dépense d'énergie électrique (à 0 ^f ,12 le kilowatt-heure).....	"	"	1,38
Entretien des accumulateurs.....	"	"	4,00
Totaux.....	19,37	28,37	19,85

EXPÉRIENCES DE CONSOMMATION EN RAMPE MOYENNE DE 82,8 MILLIÈMES (MONT-VALÉRIEN)
(11 JUIN 1898).

Éléments.	Krieger.					C.G.T.A.
	1.	2.	3.	16.	13.	
Vitesse, en kilomètres par heure.	6,55	7,10	5,77	7,40	6,00	7,90
Différence de potentiel, en volts.	85	85	84,5	85	87	80
Intensité, en ampères.	52,85	59,8	64,7	53,6	60,7	74,2
Puissance, en watts.	4490	5080	5470	4560	5280	5940
Puissance Poids total, en watts par tonne.	2770	3100	4300	2865	2980	3300
Énergie dépensée, en watts-heure par Chemin parcouru, voiture-kilomètre.	688	716	950	615	880	752
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids total</i>	419,5	436,5	747	387	497	418
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids utile</i>	2465	2555	6880	2200	2200	5370
Poids total, en kilogrammes.	1640	1270	1590	1770	1802	
Poids utile, en kilogrammes.	280	140	280	400	140	

Éléments.	Jeantaud.					
	21.	22.	23.	24.	25 (¹).	26.
Vitesse, en kilomètres par heure	10,85	8,10	8,00	7,66	9,90	8,50
Différence de potentiel, en volts.....	95	85	85	80,6	82	72
Intensité, en ampères.....	74	67	68,7	55	57,2	48,7
Puissance, en watts	7025	5695	5840	4440	4680	3500
<u>Puissance</u> <u>Poids total</u> , en watts par tonne	3900	3520	3520	3000	3321	3210
Énergie dépensée, en watts-heure par Chemin parcouru, voiture-kilomètre .	647	703	730	580	473	412
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids total</i>	359,8	435	140	392	335,5	378
Énergie spécifique, en watts-heure par tonne-kilomètre de <i>poids utile</i>	3080	5020	5210	4140	3380	2940
Poids total, en kilogrammes.....	1800	1616	1660	1480	1410	1090
Poids utile, en kilogrammes	210	140	140	140	140	140

(¹) Les lectures relatives à la voiture 25 n'ont pas été faites par le Commissaire.

» Le vendredi 10 juin, après le parcours réglementaire, cinq voitures ont épuisé presque complètement leurs batteries en faisant une promenade sur les quais de la Seine et ont ainsi parcouru :

Numéros.	Pour les neuf jours.	
	km	km
1	30,5	570,5
3	32,5	572,5
16	40,0	580,0
13	45,0	585,0
28	26,5	566,5

» La vitesse moyenne commerciale de ces cinq véhicules a varié, pour l'ensemble des itinéraires, entre 13^{km} et 14^{km} par heure.

2. L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'AUTOMOBILES.

(15 JUIN — 3 JUILLET 1898).

» La première exposition internationale d'automobiles organisée par l'*Automobile-Club de France*, sous l'habile et ferme direction de M. Rives, ouverte au Jardin des Tuileries du 15 juin au 3 juillet, a été plus qu'un succès, presque un triomphe pour une industrie exclusivement française, tant par son origine que par son développement rapide, sans égal dans aucun autre pays. Les nombreux

véhicules automobiles exposés montrent que nous sommes à la tête de ce progrès révolutionnaire au bon sens du mot. Nous espérons que la suprématie qui nous est incontestablement acquise saura nous être conservée, grâce aux efforts persévérants de nos constructeurs et aux encouragements efficaces de l'Automobile-Club de France, une jeune, active et puissante Société d'encouragement qui, fidèle à son titre, multiplie les manifestations utiles à la cause automobile.

» Nous ne voulons pas passer en revue ici tous les véhicules exposés, au nombre de deux cent cinquante environ, et nous nous contenterons de signaler les électromobiles, au nombre d'une trentaine, présentées par une dizaine d'exposants.

» Nous diviserons ces véhicules en quatre groupes d'après les applications auxquelles on peut les destiner.

» I. Les voitures de place, ou *fiacres* proprement dits, caractérisées par une construction robuste et des dispositions facilitant la manœuvre du véhicule et le remplacement des accumulateurs. C'est dans le même groupe que peuvent figurer les *locatis* ou voitures de remise.

» II. Les voitures de *maître*, plus légères que les fiacres et manœuvrées par un cocher ou conducteur.

» III. Les voitures d'*agrément*, conduites généralement par le propriétaire de la voiture, analogues comme formes aux voitures à essence de pétrole qui circulent dans nos rues.

» IV. Les voitures de *livraison*, dont on ne compte encore que de rares spécimens, mais qui constitueront dans l'avenir un important débouché aux constructeurs, lorsqu'ils auront satisfait aux demandes de voitures des trois autres groupes.

I. — VOITURES DE PLACE OU DE REMISE.

» Sans compter les 11 véhicules présentés au concours des voitures de place, l'Exposition d'automobiles comptait un certain nombre de fiacres qui, pour diverses raisons, n'ont pu prendre place au concours. Ces véhicules sont au nombre de 7 :

- » 1^o Un coupé de M. Doré;
- » 2^o Un coupé et une victoria de la Compagnie française de voitures électromobiles (C. G. V. E.);

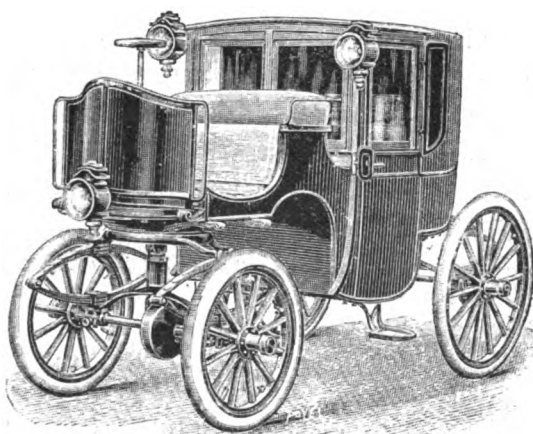
» 3° Trois voitures à caisses interchangeables construites par la Compagnie générale des voitures à Paris (C. G. V. P.);

» 4° Une voiture de place, victoria à caisse interchangeable, présentée par MM. Mildé et Mondos.

» Nous allons les décrire successivement.

» **Voiture Doré.** — Cette voiture, qui n'a pas pu prendre part au concours de fiacres, à la suite d'un incendie causé par le celluloïd des boîtes d'accumulateurs, est à cheville ouvrière et avant-train

Fig. 11.

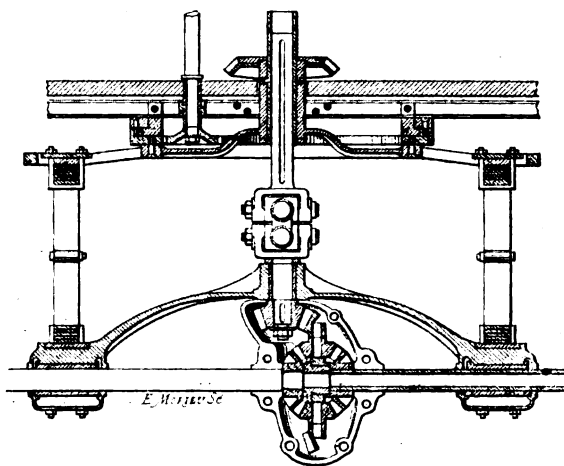


Coupé de M. Doré.

moteur. Pour transmettre le mouvement aux roues, malgré la flexion des ressorts qui fait varier la distance entre le châssis de la voiture et le sol, et malgré les déplacements latéraux provoqués par les inégalités de la chaussée, M. Doré emploie une cheville ouvrière qui n'est, en réalité, qu'un cylindre creux à l'intérieur duquel peut se déplacer verticalement une tige à longue clavette qui tourne, entraînée par la clavette, lorsqu'on fait tourner la cheville ouvrière pour diriger la voiture. Cette tige est composée de deux parties reliées par un double joint à la Cardan, la partie inférieure portant un pignon d'angle qui entraîne la couronne du différentiel. La commande de la direction se fait par un volant-manivelle actionnant par un petit pignon la couronne de l'avant-train, dentée à l'intérieur (fig. 12).

» Le coupé auquel ce système est appliqué est représenté *fig. 11*. Il porte 44 accumulateurs très ingénieusement répartis pour dissimuler leur présence : 28 éléments sont sous le siège du cocher, 8 contre le panneau de devant, à hauteur de la tangente horizontale aux roues motrices, et 8 à l'arrière, dans le dos des voyageurs. Ces accumulateurs couplés en tension d'une façon permanente ali-

Fig. 12.



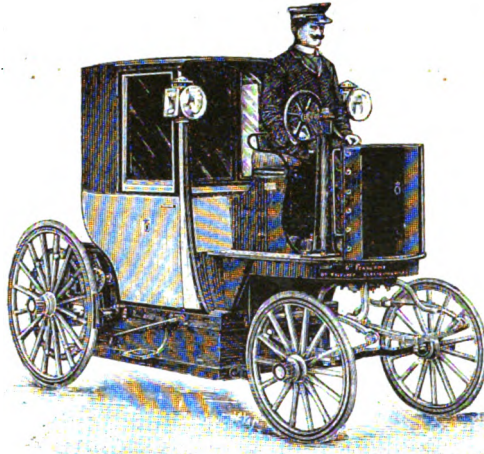
Avant-train moteur à cheville ouvrière de la voiture de M. Doré.

mentent un moteur série à axe vertical placé directement sur la cheville ouvrière qui actionne directement cette dernière. Ce moteur série porte sur l'inducteur trois enroulements montés en tension. Le combineur est ici remplacé par trois manettes, dont la première sert à l'interruption du courant et à l'introduction dans le circuit de résistances variables, la deuxième à la mise hors circuit d'un ou deux des trois enroulements inducteurs, la troisième à l'inversion du courant dans l'induit pour le changement de marche.

» Pour le démarrage, les trois excitations sont en séries, ainsi que le rhéostat tout entier. A mesure de l'accroissement de vitesse, on supprime les résistances intercalées, puis, pour augmenter l'allure, on supprime un, puis deux des trois enroulements série, ce qui augmente la vitesse en réduisant l'excitation. Avec le rhéostat d'une part, les excitations de l'autre, on dispose d'une gamme très riche de vitesses, mais l'indépendance des deux manettes rend

possibles, avec un conducteur non exercé, certaines fausses manœuvres nuisibles à la conservation du moteur et des accumu-

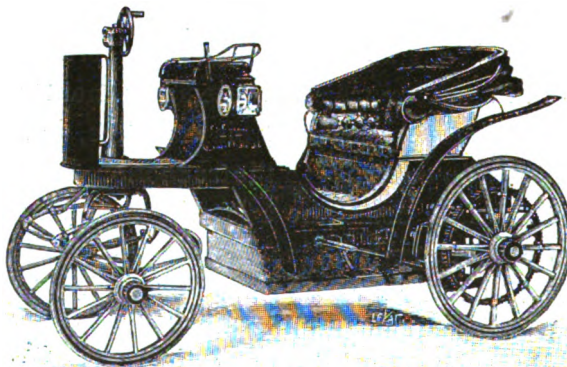
Fig. 13.



Coupé de la Compagnie française de voitures électromobiles.

lateurs. Le freinage se fait sur les roues d'arrière, par un frein Lehut actionné par une pédale, et le blocage des roues par un frein à sabot agissant sur les pneumatiques.

Fig. 14.



Victoria de la Compagnie française de voitures électromobiles.

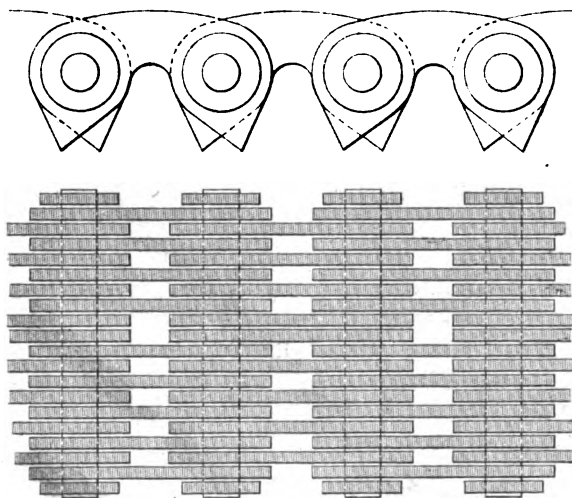
» L'aspect de la voiture de M. Doré est très séduisant, mais le peu d'accessibilité des accumulateurs en fait plutôt une voiture de maître qu'un fiacre proprement dit.

» **Compagnie française de voitures électromobiles.** — Le type de voitures de cette Compagnie est constitué par un châssis en acier, **monté** sur quatre roues caoutchoutées, recevant le siège du conducteur, le mécanisme moteur, les appareils régulateurs de vitesse et l'appareil de direction. C'est sur ce châssis que l'on fixe la caisse de la voiture : **coupé** à deux places, **coupé trois-quarts**, **landaulet**, **vis-à-vis**, **victoria**, ou voiture de livraison. Les caisses sont interchangeables et peuvent être remplacées l'une par l'autre en quelques minutes, ce qui présente le grand avantage de permettre l'usage de plusieurs types de caisse pour un seul truck.

» Le truck porte également, par l'intermédiaire de ressorts à boudin, une caisse dans laquelle sont contenus les accumulateurs.

» Le mécanisme moteur comprend un moteur Lundell à deux collecteurs, qui permet, sans intercaler aucune résistance, d'obtenir une vitesse pouvant varier de 4^{km} à 18^{km} par heure sans changer le groupement de la batterie d'accumulateurs dont tous les éléments restent toujours couplés en série et travaillent ainsi également.

Fig. 15.



Chaîne **Renolds**, dite *Varietur* (grandeur d'exécution).

» Le moteur électrique actionne, par l'intermédiaire d'engrenages absolument silencieux, un équipage différentiel soutenu par de larges paliers à graissage automatique. L'arbre principal est

muni, à chacune de ses extrémités, d'un pignon qui commande les roues arrière de la voiture par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin, type Renolds, dit *Varietur* (fig. 15).

» Tout le mécanisme moteur repose sur un châssis articulé, porté par un arbre en acier et soutenu par des ressorts à boudin. Le montage du mécanisme moteur sur le châssis permet de régler convenablement la tension des chaînes par la simple manœuvre de deux vis. L'ensemble du mécanisme est placé sous la banquette arrière de la voiture; il est des plus faciles à visiter en relevant cette banquette et en ouvrant le coffre d'arrière.

» Le courant électrique est fourni au moteur par une batterie de 44 accumulateurs Faure-King placée directement sous la voiture, et contenue dans une caisse unique suspendue au truck en acier par quatre ressorts à boudin, ce qui donne ainsi pour les accumulateurs une double suspension.

» La disposition spéciale qui consiste à attacher la batterie sous la caisse de la voiture permet de changer la batterie en deux ou trois minutes; c'est là une condition essentielle pour une exploitation de voitures électriques.

COMBINA TEUR DE LA COMPAGNIE FRANÇAISE DE VOITURES ÉLECTROMOBILES.

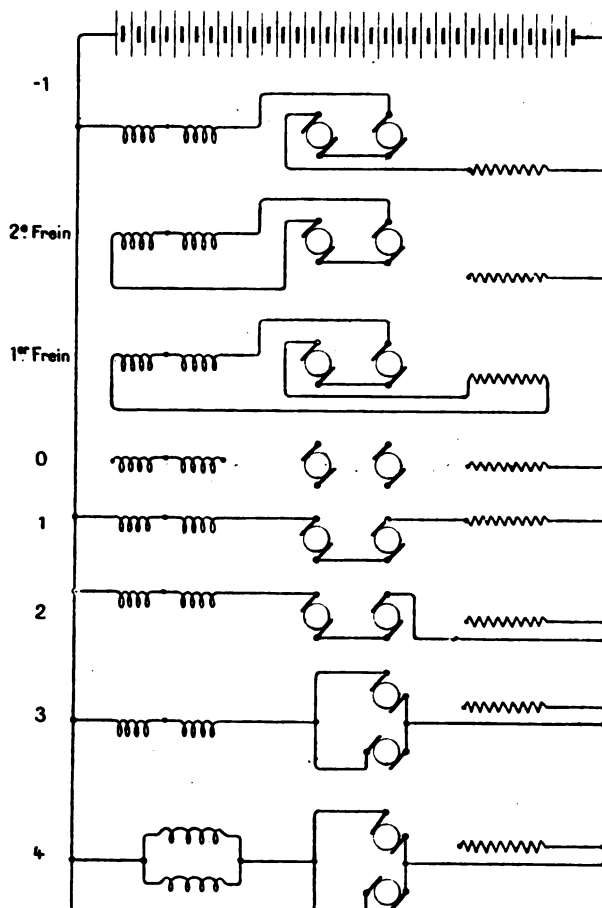
Positions.	Rôle.	Inducteurs.	Induits.	Résistance.	Accumulateurs.
—3	Marche arrière	En circuit	En circuit inversé	En circuit	En circuit
000	Second frein	En circuit sur moteur	—	Hors circuit	Hors circuit
00	Premier frein	—	—	En circuit sur moteur	—
0	Arrêt	Circuit ouvert	Circuit ouvert	Hors circuit	Ouverts
1	Démarrage	En tension	En tension	En circuit	En circuit
2	Vitesse 5 km : h	—	—	Hors circuit	—
3	Vitesse 11 km : h	—	En dérivation	—	—
4	Vitesse 14,5 km : h	En dérivation	—	—	—

» Le combinateur, placé à portée de la main gauche du conducteur, permet d'obtenir la marche en avant avec quatre vitesses différentes, un freinage électrique et la marche arrière.

» Il suffit, pour la marche avant, de pousser la poignée du levier plus ou moins vers l'avant, suivant la vitesse qu'on désire obtenir; pour l'arrêt et le freinage électrique, de la ramener d'autant plus vers l'arrière qu'on veut arrêter plus brusquement; et enfin, pour

la marche en arrière, de pousser la poignée du levier complètement en arrière. Les combinaisons réalisées par cet appareil sont indiquées dans le Tableau de la p. 308 et *fig. 16*.

Fig. 16.



Combinateur de la Compagnie française de voitures électriques.

» Les voitures de la C. F. V. E. ont un avant-train à pivot qui demande, pour être braqué, un effort plus grand que la direction à double pivot. Il faut, d'autre part, que cet avant-train maintienne sa direction sans imposer au cocher une fatigue excessive, et qu'il puisse l'abandonner à elle-même en ligne droite. Pour obtenir ce résultat, l'avant-train porte une couronne dentée sur laquelle vient agir un pignon monté sur un axe vertical placé sur la droite du

siège. Cet arbre vertical est actionné par une vis sans fin commandée à son tour par un volant à axe horizontal. On obtient ainsi une très grande démultiplication, trop grande au dire de quelques-uns, car le braquage des roues dans un tournant un peu court exige cinq à six tours du volant qui doivent être exécutés très rapidement; mais, par contre, la vis n'étant pas réversible, les roues conservent invariablement la direction qui leur est donnée, et, en ligne droite, le conducteur peut lâcher sans danger le volant de direction.

» Les voitures sont munies de trois freins : un frein électrique permettant de ralentir la marche de la voiture ou de l'arrêter brusquement, un frein à serrage instantané agissant sur le moyeu des roues d'arrière et un frein à sabot.

» La quantité d'énergie fournie à la batterie d'accumulateurs est d'environ 250 watts-heure par voiture-kilomètre.

» **Compagnie générale des voitures à Paris (C. G. V. P.).** — Ce n'est un secret pour personne que M. Bixio est un partisan convaincu du fiacre électrique, et nous avons pu nous assurer *de visu* que cette préférence n'est pas platonique en visitant, avec M. de Clausonne, Chef des services électriques de la Compagnie, les ateliers de la rue d'Aubervilliers, où de nombreux véhicules sont en construction. L'exposition de l'A. C. F. n'était qu'un pâle reflet des études poursuivies par la C. G. V. P., et l'on ne saurait en tirer aucune conclusion relative au fiacre du siècle prochain, du moins en ce qui concerne les intentions de la C. G. V. P.

» Les trois voitures exposées sont caractérisées par leurs caisses interchangeables, première condition inséparable d'une exploitation sérieuse, n'eût-elle pour unique effet que de simplifier les difficultés administratives en ce qui concerne le fisc et les contributions directes.

» La première voiture exposée est constituée par un châssis en tubes, une direction à levier et à essieu brisé et un moteur agissant sur les roues d'arrière par engrenages; les accumulateurs sont logés dans deux caisses disposées à l'avant et à l'arrière de la caisse. Ce véhicule, long et lourd, n'est pas séduisant à l'œil, mais il présente, comme les deux autres, un confortable auquel les fiacres actuels ne

nous ont guère habitués. Nous ne croyons pas que la C. G. V. P. persévère dans la construction de ce type.

» La deuxième voiture, analogue à la première comme construction, présente une originalité très marquée : elle est munie d'un guidon à la fois directeur et combineur ; ses mouvements autour d'un axe vertical assurent la direction ; ceux, simultanés ou successifs, autour d'un axe horizontal, les couplages convenables entre les divers organes de marche. Le conducteur n'a plus ainsi qu'un levier et une pédale à manœuvrer (si tant est que l'on puisse manœuvrer une pédale) pour diriger, mettre en marche, arrêter et freiner.

» La troisième voiture est analogue, comme dispositions générales, au fiacre anglais Bersey exploité par la *Compagnie générale des voitures électromobiles* (C. G. V. E.), dont nous avons parlé précédemment, et caractérisée par l'avant-train à pivot, la direction à volant à axe horizontal, les caisses interchangeable et les accumulateurs suspendus sous la voiture.

» Ces types n'ont encore rien de définitif. Un certain nombre de voitures (110, croyons-nous) sont actuellement en construction et feront leur apparition dans Paris avant la fin de la présente année ; mais l'avenir reste réservé. M. Bixio, qui a suivi de très près le concours des fiacres, n'a pas été sans profiter de ses enseignements, et les voitures de l'an prochain refléteront sans doute cette heureuse influence.

» **Fiacre Mildé-Mondos.** — Les constructeurs ont eu principalement en vue la production de voitures électriques destinées à des services publics et ont cherché à construire un véhicule présentant les plus grandes garanties de solidité et de durée tout en satisfaisant aux plus sévères exigences du confortable moderne.

» Le fiacre est une victoria avec strapontin à caisse interchangeable. Les deux coffres d'avant et d'arrière et le siège du conducteur sont inamovibles et contiennent la batterie d'accumulateurs. Le conducteur, placé à droite, a sous la main et devant les yeux les différents organes de direction, de mise en marche, de changement de vitesse et d'arrêt.

» Le poids de la voiture à vide est de 1500^{kg} et le poids total en ordre de marche 1800^{kg}.

» Le châssis rectiligne rigide est constitué par deux solives en acier en U, réunies par des traverses. Il porte à sa partie supérieure la caisse, les deux coffres d'accumulateurs et le siège d'avant fixés par des boulons avec taquets en caoutchouc; à sa partie inférieure, se trouvent le moteur, les paliers de l'induit et ceux de l'arbre de transmission.

» Le châssis ainsi constitué et garni est monté sur le train au moyen de deux systèmes de ressorts à rouleaux; à l'avant, deux ressorts fixés sur l'essieu et un troisième perpendiculaire aux deux premiers fixé à une traverse du châssis et articulé sur les deux autres au moyen de doubles menottes; à l'arrière, deux ressorts fixés sous l'essieu pour abaisser le centre de gravité.

» Une particularité de la suspension consiste dans l'emploi de tampons amortisseurs formés de caoutchouc et de ressorts à boudin qui diminuent la trépidation et évitent l'emploi des pneumatiques.

» Les deux essieux sont guidés par des plaques de garde formant glissières, se déplaçant verticalement suivant les oscillations du châssis auquel elles sont fixées et réunies entre elles par des entretoises et des longerons articulés et boulonnés. Cette disposition est destinée à donner une grande solidité au train en assurant constamment le parallélisme des essieux et leur perpendicularité sur l'axe de la voiture, quelque grands que puissent être les efforts de traction exercés.

» Les roues, folles sur les essieux, sont munies de bandages en caoutchouc plein.

» La *batterie d'accumulateurs*, du système Bristol à oxydes rapportés et boîtes en ébonite, se compose de 40 éléments répartis en quatre bacs, dont deux juxtaposés dans le coffre d'arrière et deux superposés dans le coffre d'avant, facilement accessibles et interchangeable pour la commodité du service.

» Le poids total de la batterie est de 600^{kg}, soit 30 pour 100 du poids de la voiture en ordre de marche. Le poids d'un élément est de 15^{kg} et sa capacité de 140 ampères-heure, soit une capacité spécifique de 9,3 ampères-heure par kilogramme de poids total. Les éléments étant groupés en série pour travailler toujours également,

la différence de potentiel utile de la batterie à la décharge normale est de 72 volts ; elle renferme donc une énergie disponible de 10 kilowatts-heure, ce qui dans Paris, en terrain varié, avec un coefficient de traction moyen de 3 pour 100, une allure moyenne de 13^{km} à l'heure et un rendement de 72 pour 100 pour le moteur et la transmission, représente une consommation moyenne de 2700 watts correspondant à une durée de trois heures quarante minutes environ (arrêts non compris) et à un parcours de 50^{km} sans recharge.

» Ces chiffres pourront paraître bien faibles à côté de ceux qu'annoncent différents constructeurs d'accumulateurs, mais MM. Mildé et Mondos ont pensé qu'il était préférable de se tenir plutôt au-dessous des conditions du programme imposé au concours des fiacres, et de donner à la batterie une faible capacité spécifique, partant un grand poids et une grande solidité pour lui assurer sans fatigue une plus longue durée, malgré les difficultés que peuvent présenter les parcours dans les rues accidentées et encombrées de Paris, par les temps les plus défavorables.

» Le *moteur électrique*, construit par la maison Postel-Vinay, a une puissance normale de 2250 watts, à 1800 tours par minute. Il est constitué par un inducteur fermé à 4 pôles et 2 bobines et par un induit à enroulement en tambour et balais en charbon. Il pèse 200^{kg} avec son enveloppe et est fixé sous le châssis de façon à bien répartir la charge.

» La *transmission du mouvement* de l'arbre de l'induit aux deux roues motrices d'arrière se fait au moyen d'un train d'engrenages et d'un différentiel à un arbre intermédiaire en deux parties emboîtées. Cet arbre porte à ses deux extrémités deux pignons dentés actionnant par deux chaînes à rouleaux deux couronnes dentées calées sur les moyeux. Le rapport de réduction est de 22, ce qui correspond à une vitesse linéaire de 15^{km} par heure pour une vitesse angulaire de l'induit de 1800 tours par minute.

» Outre le frein électrique actionné par la manette du combineur, la voiture peut être arrêtée très rapidement : 1° par un double frein à collier agissant sur des tambours calés sur l'arbre intermédiaire et actionné par une double pédale placée sur la plate-forme d'avant. La pédale de droite est liée à celle de gauche et elle coupe

le courant en serrant simultanément les deux colliers, celle de gauche agissant seule pour couper le courant sans bloquer le frein; 2° par un double frein de sûreté à sabots disposé sur une barre articulée à l'arrière de la voiture et actionné par un levier placé à la gauche du conducteur.

» La direction de l'avant-train est obtenue par un guidon droit actionnant une barre verticale rigide, laquelle, au moyen de deux pignons dentés réduisant la vitesse dans le rapport de 1 à 3 et réunis par une chaîne à rouleaux, agit par un levier articulé sur une barre horizontale qui fait pivoter autour de leurs douilles les deux roues directrices simultanément et solidairement pour virer dans un rayon de 3^m, 50.

» Outre le compteur d'énergie qui sert à constater la dépense faite en cours de route et à se rendre compte du chemin que l'on peut encore parcourir avant la recharge, la voiture porte un voltmètre et un ampèremètre placés à l'avant, face au conducteur, ainsi que le combinateur.

» Le *combinateur* est formé de deux paires de secteurs concentriques, de diamètres différents, disposés verticalement sur un marbre et portant des plots que l'on réunit par une double manette actionnée par un volant. L'aiguille du volant indique sur un cadran les différentes combinaisons : démarrage, marche avant avec les vitesses croissantes, arrêt, freinage et marche arrière. Le courant fourni par les éléments de la batterie groupés en tension étant à différence de potentiel constante et le moteur étant excité en série, le couple moteur varie en raison inverse de la vitesse angulaire. Le démarrage se fait à la fermeture du circuit sur le premier plot correspondant à un rhéostat en série avec le moteur.

» La première vitesse s'obtient par le couplage des deux enroulements de l'inducteur en série; la deuxième par le couplage en quantité; la troisième et la quatrième s'obtiennent en diminuant l'intensité du champ par deux shuntages différents de l'inducteur.

» Pour obvier à une inattention possible du conducteur et éviter de brûler le moteur, le freinage et la marche arrière par interruption, puis inversion du courant, ne peuvent se produire que quand le combinateur a passé par la position de repos. Le freinage en pente s'obtient en faisant travailler le moteur, devenu générateur,

sur une résistance. Le freinage et l'arrêt en rampe s'obtiennent par la rupture du courant et par l'action successive des deux freins mécaniques.

» La voiture, n'étant pas achevée en temps utile, n'a pu prendre part au concours des fiacres.

II. — VOITURES DE MAÎTRE.

» Bien qu'en principe toutes les voitures de place décrites ici puissent être employées comme voitures de remise ou comme voitures de maître, il est bien évident qu'elles ne présentent pas toutes au même degré les qualités esthétiques requises pour cette application. Un bel attelage à chevaux sera toujours, quels que soient les progrès de la carrosserie automobile, le mode de traction le plus luxueux et le plus élégant d'un coupé ou d'une victoria; mais il existe déjà des voitures électriques qui peuvent, sans prétention, prendre place dans les remises des mondains les plus difficiles en matière de goût. Il est bien évident, par exemple, que bon nombre des électromobiles présentées par M. Jeantaud comme voitures de place sont plutôt des voitures de maître, le cab n° 25 et le drojki n° 26 en particulier. Nous n'avons donc aucun type particulier à décrire dans ce deuxième groupe, puisque tous les véhicules pouvant y figurer ont été passés en revue comme voitures de place.

III. — VOITURES D'AGRÈMENT OU DE PROMENADE.

» L'Exposition nous offre quelques spécimens très intéressants de voitures électriques d'agrément ou de promenade à deux, trois et quatre places, pouvant être conduites par leur propriétaire et capables de parcourir 40^{km} à 60^{km} sans recharge. C'est ce groupe spécial qui trouvera la clientèle la plus nombreuse et la plus fructueuse, et nous espérons le voir, sinon mieux, du moins plus représenté à l'Exposition de 1899.

» **Voiture Bouquet, Garcin et Schivre.** — Le duc vis-à-vis à trois ou quatre places présenté par MM. Bouquet, Garcin et Schivre, dit *Système B. G. S.*, est certainement l'un des plus élégants et des plus confortables de l'Exposition, y compris les voitures à essence de

pétrole. Muni d'accumulateurs d'un système particulier, il doit, au dire des inventeurs, permettre des parcours de 130^{km} sur terrain varié de ville bien entretenue, 110^{km} sur route ordinaire moyennement accidentée (Paris à Mantes, aller et retour) et 95^{km} sur route très accidentée, telle que Versailles, Celle-Saint-Cloud, Saint-Nom-la-Bretèche, forêt de Marly. Étant donné que l'on peut rencontrer ou que l'on rencontrera avant peu des stations de charge beaucoup plus rapprochées que le parcours maximum possible de la voiture, ce serait le tourisme électrique rendu possible à bref délai. Acceptons-en l'augure, jusqu'à ce que l'expérience nous en ait fourni la preuve personnelle.

» Le véhicule est à roues motrices arrière et avant-train directeur à deux pivots. Les accumulateurs sont disposés dans deux caisses presque invisibles, l'une à l'arrière de la voiture, l'autre sous le siège d'avant. Le moteur et les transmissions sont peu apparents et ne troublent pas l'harmonie générale du véhicule dont l'aspect est tout à fait séduisant.

» Le système électrique de cette voiture est assez original et mérite une mention spéciale. Le moteur unique, alimenté par une batterie d'accumulateurs dont le couplage reste invariable, actionne les roues d'arrière par un arbre intermédiaire portant le différentiel et deux chaînes. Ce moteur, et c'est là son originalité, est à deux bobinages induits *inégaux* reliés à deux collecteurs. Pour une vitesse angulaire donnée, dans un champ électrique donné, la force électromotrice développée par l'un des enroulements est représentée par 5 et celle du second bobinage par 3. Le combinateur a pour but principal d'intercaler convenablement ces bobinages en circuit, suivant la vitesse à obtenir.

» Pour le démarrage, les deux enroulements induits sont couplés *en tension* avec l'excitation série et des résistances de démarrage, le tout pris en dérivation sur la batterie, ce qui a fait baptiser le système, par un électricien facétieux : *cinq et trois font huit*. Le moteur démarre ainsi avec le maximum de force électromotrice et le maximum de résistance intercalée. Dans ses positions successives, le combinateur supprime d'abord graduellement les résistances, il intercale ensuite l'enroulement 5 seul, puis l'enroulement 3 seul, et enfin, pour la grande vitesse, les enroulements 5 et 3 *en opposition*.

Le moteur prend ainsi une très grande vitesse angulaire sans que le champ soit affaibli. L'expérience seule pourra nous dire si cette combinaison est préférable à l'emploi de deux induits égaux couplés en tension ou en dérivation.

» La marche arrière est obtenue par un levier spécial qui inverse le courant dans les induits; dans les nouveaux modèles, ce levier spécial est supprimé, et la marche arrière obtenue par le combinateur.

» Pour le freinage, le combinateur couple les induits en tension avec les inducteurs en circuit sur deux des trois résistances de démarrage, puis sur une, et enfin en court-circuit. Le freinage se fait ainsi sans récupération.

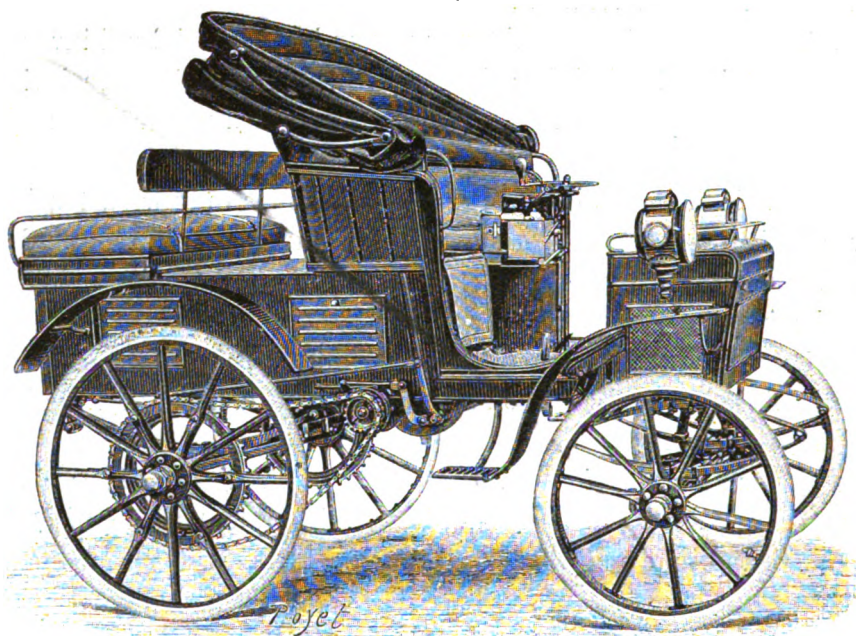
» Le combinateur se manœuvre par un petit volant à axe horizontal placé à la droite du conducteur qui tient la barre de direction de la main gauche.

» Le conducteur de la voiture dispose de deux pédales dont l'une coupe simplement le circuit pour les ralentissements et la seconde applique un frein à rubans sur les axes des roues motrices.

» **Compagnie générale des transports automobiles (C. G. T. A.).** — Outre le fiacre n° 13 que nous avons décrit précédemment, à propos du concours des voitures de place automobiles, la C. G. T. A. exposait un dog-car et un phaéton reproduits *fig. 17 et 18*. Dans ces nouveaux véhicules, le changement de vitesse mécanique a été supprimé et le moteur unique remplacé par deux moteurs agissant sur chacune des roues. Le combinateur est le même que celui du fiacre : il sert à intercaler des résistances variables dans le circuit des moteurs pour le démarrage, et à inverser les connexions pour la marche arrière. Un commutateur spécial permet de grouper les deux batteries en quantité ou en tension; un deuxième commutateur en fait de même pour les deux induits des moteurs, et un troisième pour les deux inducteurs. Il en résulte des combinaisons correspondant sensiblement aux vitesses de 6, 12, 18, 25, 35 et 40^{km} par heure. Pour assurer, dans une certaine mesure, l'automaticité du combinateur et éviter toute fausse manœuvre, une combinaison d'arrêts

convenablement disposés empêche que les changements de connexions se fassent autrement que dans l'ordre voulu.

Fig. 17.



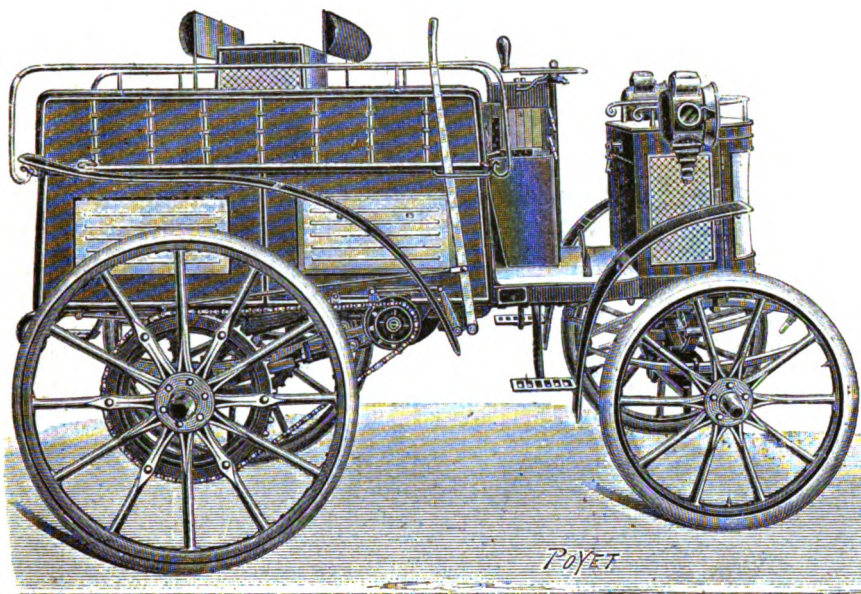
Dog-phaéton de la Compagnie générale des transports automobiles (Jenatzy).

» **Les voitures Columbia.** — Sous ce nom, la *Pope Manufacturing Co*, de Hartford (Connecticut), présentait trois voitures **des plus élégantes**. Nous décrirons plus spécialement le phaéton à deux places (*fig. 19*) que quelques-uns de nos lecteurs ont pu voir circuler déjà dans les rues de Paris, et qui roule depuis une quinzaine de mois en Amérique. La construction de ce véhicule est, dans ses grandes lignes, absolument identique à celle des bicyclettes : roues en acier, rayons tangents, pneumatiques *single tube*, roulements à billes partout, châssis en tubes d'acier à 5 millièmes de carbone. Les roues motrices arrière ont 90^{cm} de diamètre, les roues directrices avant 80^{cm}, l'écartement des roues est de 135^{cm} et l'empattement de 180^{cm}. Les pneumatiques, striés parallèlement à l'axe, pour augmenter l'adhérence, ont 7^{cm}, 5 de diamètre.

» Le châssis rectangulaire repose directement sur les roues d'arrière et sur les roues d'avant, montées à double pivot à l'aide d'une

articulation qui permet aux axes de perdre leur parallélisme dans le plan horizontal sans tordre le châssis qui suit toujours l'inclinaison des roues arrière. Ce châssis supporte trois ressorts transversaux sur lesquels porte la caisse composée de la carrosserie et de

Fig. 18.



Dog-car de la Compagnie générale des transports automobiles (Jenatzy).

la boîte renfermant les accumulateurs, disposée à l'arrière du véhicule.

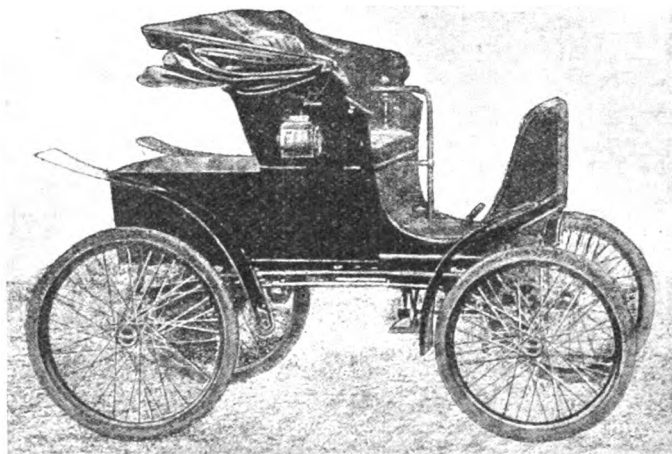
» Ces accumulateurs sont d'un type spécial... en Amérique. A Paris, ce sont tout simplement des accumulateurs Fulmen, comme les camarades. La voiture pèse en tout 860^{kg}, dont 380^{kg} pour les accumulateurs américains.

» Le moteur série à quatre pôles en fer forgé et à induit Gramme est supporté directement par l'axe arrière. Le collecteur est enfermé dans un carter en aluminium sur lequel est disposé un guichet permettant de surveiller les balais en charbon. L'axe du moteur est concentrique à l'axe des roues, mais, comme il tourne plus vite que celles-ci, il les commande par l'intermédiaire d'engrenages et d'un différentiel, le tout formant un ensemble très compact, d'un

volume réduit et très dissimulé sous la voiture. Le poids du moteur est de 35^{kg}.

» Le combineur est manœuvré par un levier disposé à la gauche du siège du conducteur de la voiture qui occupe lui-même la place

Fig. 19.



Phadton *Columbia* à deux places de la Pope Mfg Co.

de gauche. Ce combineur permet d'obtenir trois vitesses différentes en couplant la batterie d'accumulateurs, au nombre de 44, en quatre groupes de 11 pour le démarrage, en deux groupes de 22 pour la vitesse moyenne, et en un seul groupe de 44 éléments en tension pour la grande vitesse. Un inverseur de courant manœuvré par une *talonnette* placée en regard du pied gauche permet, en l'abaissant avec ce pied, de réaliser les trois vitesses arrière, mais cette talonnette ne peut s'abaisser qu'autant que le combineur est à la position zéro. Si on l'abaisse à ce moment, elle conserve cette position de marche arrière et se relève automatiquement dès que le combineur revient à la position zéro; toute fausse manœuvre résultant d'un oubli est ainsi évitée.

» La direction est commandée par un levier horizontal qui peut se placer à volonté parallèlement ou perpendiculairement à l'axe de la voiture : son mouvement est transmis aux axes des roues d'avant par un engrenage hélicoïdal.

» Le frein mécanique, manœuvré à la pédale, agit sur la courroie du différentiel. La pédale coupe au préalable le courant du moteur. Pour une longue descente, la pédale reste accrochée et le frein serré au degré voulu un temps indéfini ; on le décroche en appuyant de la pointe du pied sur un prolongement de la pédale de frein.

» Le conducteur n'a donc que quatre organes à actionner, un pour chaque membre.

» Sous le siège est disposé un compteur d'énergie électrique qui permet de connaître à chaque instant l'état de charge de la batterie. Ce compteur est muni d'un contact spécial qui, lorsque la batterie est complètement chargée et que le compteur est revenu au zéro, coupe automatiquement le circuit de charge.

» D'après les renseignements qui nous sont fournis, le véhicule pesant 860^{kg} à vide, soit exactement 1 tonne avec deux voyageurs, dépenserait, en palier, 18 ampères et 80 volts, soit 1440 watts, à la vitesse de 12,25 miles par heure (19,6 ^{km}:h), ce qui correspond à 75 watts-heure par tonne-kilomètre, chiffre parfaitement concordant avec ceux fournis par les voitures du concours.

» Mais comme le poids des accumulateurs de la voiture atteint 38 pour 100 du poids total en charge, et que son parcours journalier serait, au dire des constructeurs, de 30 miles (48^{km}) seulement, il faut en conclure que les accumulateurs américains ont une énergie spécifique moins grande que les nôtres. On s'explique ainsi que ceux-là aient été remplacés par ceux-ci.

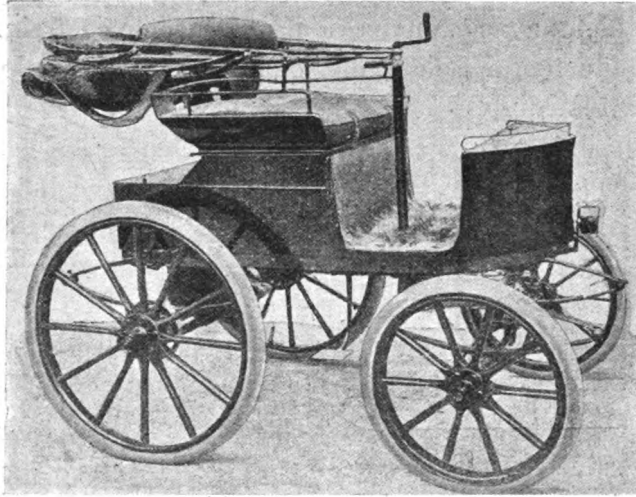
» Les trois voitures exposées par la Pope Mfg Co sont admirablement construites, étudiées avec le plus grand soin dans leurs plus petits détails, et réaliseraient le rêve de la voiture électrique d'agrément, de promenade ou d'affaires..., si l'on ne demandait pas 20 000^{fr} et même 25 000^{fr} pour la plus petite d'entre elles, le phaéton à deux places.

» Autant dire que ces magnifiques bijoux électromobiles ne sont pas dans le commerce, et attendons patiemment une détente des cours, détente sérieuse et nécessaire.

» **Voitures O. Patin.** — Le stand de M. Patin était occupé par quatre voitures, mais une seule retiendra notre attention, car elle présente un dispositif original dont il sera intéressant de suivre les

résultats pratiques. Les trois autres véhicules étaient : une voiture d'études d'un type abandonné par l'inventeur, une charmante voi-

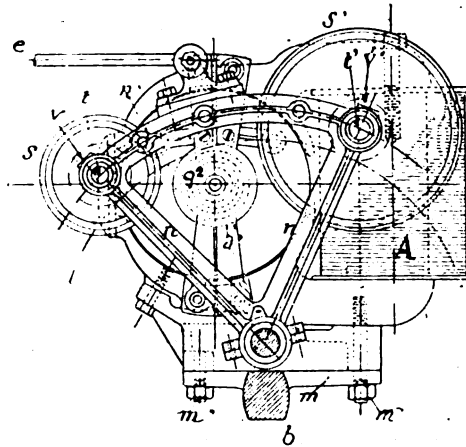
Fig. 20.



Voiturette de M. O. Patin.

ture à deux places d'une carrosserie tout à fait séduisante, mais qui n'avait pas encore roulé, pas plus qu'une autre voiture de course à deux places en tandem.

Fig. 21.



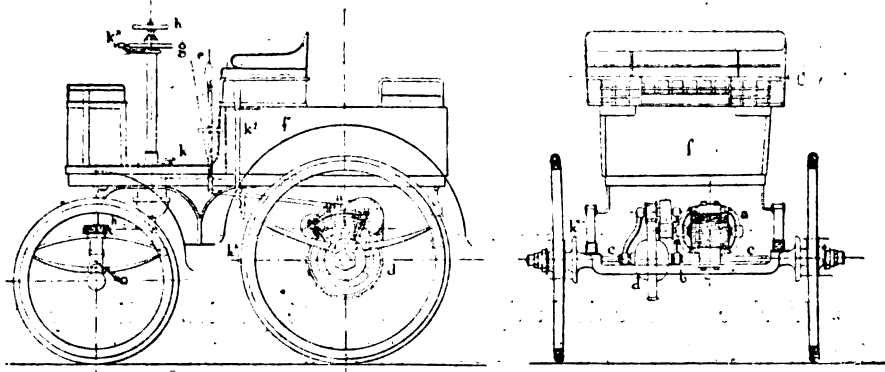
Embrayage.

» La voiture que nous allons décrire est un dog-car à quatre places, avec une cinquième place à l'avant, dont le moteur est ali-

menté par des accumulateurs d'un nouveau système, dont on dit le plus grand bien, mais que nous n'avons pu voir, ni, *a fortiori*, expérimenter.

» En dehors de ses accumulateurs spéciaux, la voiture de M. O. Patin est caractérisée par le mode de suspension du moteur et un dispositif de changement de vitesse mécanique très particulier.

Fig. 22.



Élévation et vue d'arrière de la voiture électrique de M. O. Patin.

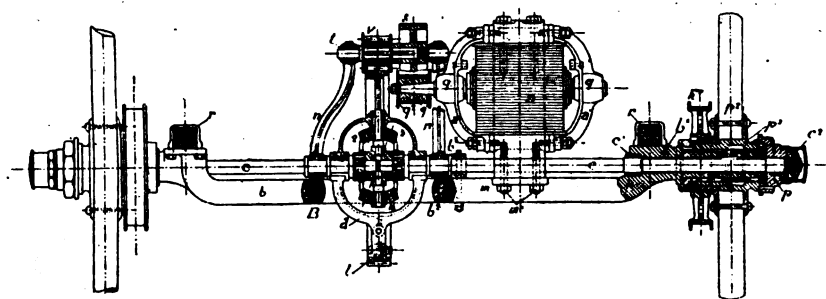
» Le moteur repose directement sur l'essieu arrière qui est incurvé en son milieu *b* (*fig. 23*), entre les ressorts de suspension, de façon à se présenter à un niveau inférieur à celui de ses extrémités *b'* que traverse l'arbre moteur *c*. Au milieu de la voiture, l'essieu *b* affecte en plan la forme d'un cadre ovale afin de ménager le passage de l'engrenage moteur *l* et du différentiel *d*. Le moteur *a* est fixé par des boulons *m'* sur une plaque *m* solidaire de l'essieu.

» L'arbre moteur *c* reçoit son mouvement du différentiel, traverse les extrémités de l'essieu et actionne les roues de la voiture. Il tourne à l'entrée de la partie tubulaire *b²* de l'essieu, dans un coussinet en bronze *c'*, traverse de part en part cette extrémité creuse d'essieu sans en toucher les parois, et, par le serrage de l'é-crou *c'* vissé sur son extrémité, est rendu solidaire d'un manchon à griffes *p*, qui entraîne la coupelle *p'* du moyeu *p²* de la roue : de cette façon, on conçoit que, l'essieu *b* étant fixe, l'arbre moteur tourne à l'intérieur et le moyeu *p²* avec sa roue tourne à l'extérieur.

» Le frein *k'* est fixé sur le moyeu de la roue, et des paliers intermédiaires *b³* supportent l'arbre moteur.

» Le second dispositif particulier est un dispositif de changement de vitesse mécanique basé sur le principe de la courroie Evans, dont nous trouvons ici pour la première fois une application aux automobiles (*fig. 23*).

Fig. 23



Élévation et coupe transversale du mécanisme.

» L'arbre moteur de la dynamo, supporté par les paliers *q* des flasques *a'*, est pourvu, à son extrémité, d'une petite poulie *q'* calée à demeure, suffisamment large, et pourvue de deux joues *q''* qui forment une gorge profonde. Dans cette gorge, on dispose à plat trois ou un plus grand nombre d'anneaux de cuir juxtaposés, de diamètre notablement supérieur à celui de la poulie qui les porte.

» Dans le même plan que la poulie lisse *q'* et pouvant se déplacer de façon à venir en contact avec elle, sont disposées deux autres poulies lisses, de diamètres inégaux, *s* et *s'*, calées sur des arbres intermédiaires *t* et *t'* (*fig. 21*). Ces arbres sont portés par les extrémités des bras *n*, *n'* du cadre oscillant *nn'n* formant tête de cheval. Sur chacun des arbres *t* et *t'* se trouvent disposés, également calés sur eux, deux pignons dentés, égaux ou inégaux *v*, *v'*, lesquels engrènent constamment avec l'engrenage droit *t* du différentiel. Les pignons coniques du différentiel 1, 2, 3, 4 transmettent le mouvement à l'arbre moteur *c* à la façon ordinaire.

» Il résulte du dispositif que nous venons de décrire que, l'arbre de la dynamo tournant, ainsi que la poulie lisse *q'*, si l'on agit sur le levier *e* pour faire osciller la tête de cheval *nn'n* et si l'on amène en contact la poulie *s* avec la poulie *q'*, les anneaux de cuir juxtaposés provoquent l'entraînement par adhérence de la poulie *s*, les parties libres des anneaux de cuir venant s'appliquer sur la surface

de la poulie s sur une assez grande étendue pour exercer sur elle une friction énergique.

» La poulie s' étant de diamètre plus grand, si, par le mouvement inverse de la tête de cheval, on amène en contact cette poulie s' et la poulie q , le mouvement de cette dernière se transmet de la roue t du différentiel par l'intermédiaire du pignon v' à une vitesse plus faible.

» Il suffit de faire osciller la tête de cheval pour faire varier instantanément la vitesse, en pleine marche, sans que l'on ait à craindre des chocs et des ruptures de dents d'engrenage.

» Ce dispositif permet d'embrayer sur le moteur lorsque celui-ci, tournant à vide, a pris toute sa vitesse; il suffit, pour cela, de tenir éloignées de la poulie d'entraînement b' les deux poulies s et s' et de laisser tourner la machine; quand celle-ci a atteint une vitesse suffisante, on embraye sur une des poulies de l'entraîneur $nn'n$, et l'on peut obtenir des coups de collier d'une puissance considérable, tels qu'on n'en peut produire d'aussi grands avec les changements de vitesse à engrenages.

» Le moteur a son enroulement inducteur série monté sur la culasse, et deux bobinages reliés à deux collecteurs. Le combinateur, commandé par un volant g à axe vertical au-dessus du volant de direction h , permet de coupler successivement les accumulateurs et les induits en tension ou en dérivation pour réaliser diverses vitesses. Les positions du combinateur sont définies par une des encoches ménagées dans le volant et dans lesquelles vient se loger un verrou à ressort k^1 .

» La voiture est munie des trois freins réglementaires : un frein à air ou à lames k' qui agit sur l'essieu arrière à l'aide de la pédale k ; un frein à sabot k^3 manœuvré par le levier k^2 ; enfin, le troisième frein est constitué par la marche arrière, déterminée par une position particulière du volant g .

» La voiture est d'un aspect très agréable : l'expérience nous dira si son roulage répond à cette apparence.

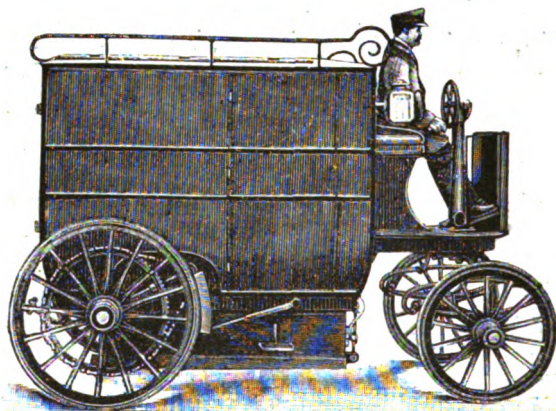
IV. — VOITURES DE LIVRAISON.

» Sur les trente véhicules électriques exposés aux Tuileries, on ne comptait que deux voitures de livraison. L'une de ces voitures était présentée par MM. Mildé et Mondos, dont nous avons précé-

déjà décrit le fiacre. Il nous a semblé que les accumulateurs encombraient un peu trop la voiture, et que l'appareil de manœuvre avait plutôt les apparences d'un tableau de distribution d'usine centrale électrique de petite ville. MM. Mildé et Mondos considèrent d'ailleurs cette voiture comme un appareil d'étude, ce qui nous dispense d'insister.

» La seconde voiture, représentée *fig. 24*, est celle de la Compagnie française des voitures électromobiles. Son mécanisme et ses

Fig. 24.



Voiture de livraison de la C. F. V. E.

dispositions générales sont identiques à ceux des fiacres précédemment décrits. La caisse seule est modifiée ; les accumulateurs, placés à la partie inférieure, n'embellissent pas la voiture, inesthétique par destination, mais ils présentent, par contre, l'énorme avantage de laisser beaucoup de place disponible pour les marchandises dans le coffre, ce qui n'est pas à dédaigner.

» Espérons que nous pourrons, l'an prochain, citer quelques chiffres mettant en relief les avantages certains de l'Électricité judicieusement appliquée aux voitures de livraison, et contentons-nous, pour cette année, de signaler leur première apparition. »

M. le PRÉSIDENT adresse ses remerciements à M. Hospitalier.

La séance est levée à 10^h35^m.

AVIS

AUX SOCIÉTÉS D'ÉCLAIRAGE ET PROPRIÉTAIRES D'INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES.

L'automobilisme et la navigation électrique à l'intérieur et en dehors des villes ne deviendront possibles que lorsqu'on sera assuré de trouver à toute heure, suivant des conditions connues et en des points déterminés, du courant pour la charge des accumulateurs.

Il importe de faire connaître, dans le plus bref délai, les usines électriques de France, et même de l'Étranger, qui pourraient livrer du courant à cet effet, et leur tarif de vente.

Cette vente de courant de charge, qui ne présente en principe aucune difficulté, nécessite cependant l'étude préalable de certaines conditions générales.

Au point de vue technique, l'adoption d'une tension de charge unique et l'adoption d'un matériel accessoire d'un type uniforme ou possédant certaines pièces *passe-partout* paraissent indispensables. Il en est de même de l'uniformité des tarifs.

Au point de vue administratif, il ne faudra pas négliger à l'avenir d'insérer dans les contrats de concession une clause relative à l'autorisation de vendre du courant au compteur sur la voie publique.

Jusqu'à présent, on paraît n'avoir considéré que l'automobilisme léger et la navigation de plaisance. Or, si l'on pouvait trouver, sur les routes et sur les cours d'eau et canaux, des relais de charge régulièrement espacés d'environ 40^{km} à 50^{km}, le roulage et les touages de toute nature prendraient immédiatement un essor considérable. Les entreprises de transport, qui n'auraient à se préoccuper d'aucun matériel fixe, pourraient être immédiatement productives et bénéficieraient de la précieuse faculté de pouvoir se développer aisément suivant l'accroissement du trafic, et inversement.

L'industrie des accumulateurs serait directement favorisée par ce mouvement, et ce résultat ne serait pas le moins intéressant.

En conséquence, nous prions instamment nos Collègues de bien vouloir nous communiquer les études, renseignements et documents de toute nature relatifs à cette importante question. Une Commission a été nommée pour prendre connaissance des Communications qui nous parviendront, les résumer et publier les Mémoires et documents dans le Bulletin.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Automobiles sur rails; par G. DUMONT. Gauthier-Villars et Masson, éditeurs, Paris, 1898. *Encyclopédie des Aide-Mémoire Léauté*. (Don de MM. Gauthier-Villars et fils.)

Constructions électromécaniques; par GISBERT KAPP, traduit de l'allemand par A.-O. Dubski et P. Girault; 1 vol. grand in-4, relié. Baudry et C^{ie}, éditeurs, Paris, 1898. (Don des Éditeurs.)

Don de neuf numéros de *La Lumière électrique*, année 1894; par M. BRUNSWICK.

Formulaire de l'Électricien; par E. HOSPITALIER. Masson et C^{ie}, éditeurs, Paris, 1898. (Don de MM. Masson et C^{ie}.)

La nouvelle machine dynamo réceptrice et génératrice, système Édouard Cannevel; par C. DE PERRODIL; 1 broch. petit in-8. Achille Pradier, éditeur. Paris, 1898. (Don de l'Auteur.)

L'éclairage électrique par le moteur à gaz Crossley. (Don de MM. Pierson.)

Les compteurs d'électricité; par E. CONSTET; 1 vol. petit in-8. Librairie Bernard Tignol, Paris, 1898. (Don de l'Éditeur.)

Régularisation du mouvement dans les machines; par L. LECORNU; 1 vol. petit in-8. Paris, Imprimerie Gauthier-Villars et fils et Masson et C^{ie}, 1898. (Don de MM. Gauthier-Villars.)

Télégraphie pratique; par L. MONTILLOT; 1 vol. in-8 relié. V^{re} CH. DUNOD, éditeur, Paris, 1898. (Don de l'Auteur et de l'Éditeur.)

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

9/6. — Chemin de fer électrique Stockholm-Djursholm; *R. Dahlander*. — Méthode simple pour la détermination de la section économique et de la perte d'énergie des canalisations; *A. Bull*. — Mécanique des éléments galvaniques; *I. Weyde*.

16/6. — Perturbations par les tramways dans les observatoires magnétiques; *W. v. Bezold*. — Applications des écrans magnétiques; *H. du Bois*. — Mécanique des éléments galvaniques; *J. Weyde*. — Sur les rayons X; *Kalischer*.

23/6. — Indicateur pour champs tournants et tensions alternatives; *H. Ebert* et *W. Hofmann*. — Proposition pour la représentation des courbes d'induction; *H. Kath*.

30/6. — Sur les électros de réglage des lampes à arc; *T. Weil*. — Sur les rayons X (*suite*); *Kalischer*. — Sur l'ambroïne; *Böhlendorff*.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

26/3. — Installations téléphoniques; *A. Dobbs*. — Transformateurs de courants (*suite*); *C. Child*.

2/6. — Installations téléphoniques; *A. Dobbs*. — Transformateurs de courants *C. Child*.

9/6. — Compagnie Edison de Saint-Louis; *H. Wagner*. — Installations téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*.

16/6. — Distribution par courants alternatifs; *H. Wagner*. — Distribution par courants continus; *L. Fergusson*.

23/6. — Installations téléphoniques (*suite*); *A. Dobbs*.

Electrical World.

28/3. — Railway à contacts superficiels; *G. Hautchet*. — Installations électriques de la « Purdue University ».

4/6. — Courants oscillatoires; *E. Northrup*. — Régulateurs de vitesse; *T. Hall*.

11/6. — Installations de la New-York et Staten Island C^o et de la Columbia Water Power C^o. — Parafoudres; *H. Raymond*. — Courants oscillatoires; *E. Northrup*.

18/6. — Valeur des essais magnétiques au galvanomètre balistique; *S. Sheldon* et *T. Cocks*. — Distribution par courants alternatifs; *H. Wagner*. — Installation des Rapides de Lachine et prix de l'énergie; *W. M' Lea Walbank*. — Courants oscillatoires (*suite*); *E. Northrup*.

26/6. — Parafoudres (*fin*); *H. Raymond*. — Distribution par courants continus; *L. Fergusson*. — Rendement des transformateurs; *W. Goldsborough*. — Considérations sur le choix des lampes à incandescence; *S. Doane*.

Transactions of the Institution of electrical Engineers.

Mars. — Isolement et conductibilité; *R. Fessenden*.

Avril. — Essai de rendement d'une station centrale; *W. Goldsborough*. — Nouvelle forme de pile thermo-électrique; *C. Reed*.

ANGLETERRE.

The Electrical Review.

10/6. — Relai vibrant pour câbles (*fin*); *K. Gulstad*. — Compteurs à prépaiement. Appareillage des tableaux; *J. Blaikie*. — Calcul des moteurs de tramway pour accélération rapide; *C. Carus Wilson*.

17/6. — Nécessité d'unifier les machines et appareils; *C. Wordingham*. — Calcul des moteurs (*fin*); *C. Carus Wilson*.

24/6. — Proposition de diagrammes d'appareils; *A. Jamison*. — Traction électrique; *R. Quin*.

1/7. — Compteurs et lampes de l'Electrical Co.

The Electrician.

10/6. — Résistances d'isolement et courants de perte; *A. Russell*. — Appareillage des tableaux; *J. Blaikie*.

17/6. — Études sur les rayons cathodiques et Röntgen; *A. Swinton*. — Note sur une erreur apparente des équations électromagnétiques usuelles; *O. Heaviside*.

24/6. — Nécessité d'unifier les machines et appareils; *C. Wordingham*. — Usine municipale de Wakefield.

1/7. — Étude sur les rayons... (*fin*); *C. Swinton*. — Susceptibilité de l'oxygène liquide; *J. Fleming* et *J. Devar*. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

3/6. — Installations téléphoniques modernes (*suite*); *V. Barth*. — Sur les accumulateurs (*fin*); *L. Gebhard*.

12/6. — Moteurs à courant alternatif avec grand couple de démarrage; *M. Déri*. — Installations... (*fin*); *V. Barth*.

19/6. — Notes sur les balais en charbon.

26/6. — Dispositif pour éliminer les bruits dans les installations téléphoniques d'ateliers.

BIBLIOGRAPHIE.

L'année industrielle, par M. MAX DE NANSOUTY. Un vol. Paris, F. Juven et C^{ie}.

Toutes les personnes qui aiment à suivre sans fatigue le mouvement scientifique connaissent le talent si personnel et plein d'attrait avec lequel M. M. de Nansouty expose, chaque année, les perfectionnements et les applications nouvelles de la Mécanique, de la Physique et de la Chimie.

Le dernier Volume qu'il a publié offre au lecteur, tant à cause de la fécondité de l'année dont il examine et commente les résultats que de la forme littéraire employée par l'auteur, un moyen des plus agréables de s'instruire sur la nature et la portée d'un ensemble considérable de faits nouveaux.

Inutile d'ajouter que l'électricité coopère largement à l'importance de cet ensemble.

Les gaz de l'atmosphère, par W. RAMSAY, traduit de l'anglais par G. CHARPY.

Un vol. in-8°. Paris, G. Carré et C. Naud; 1898.

L'Auteur expose dans ce Livre la genèse des découvertes suscitées par la recherche de la nature de l'air et des propriétés des gaz qui le constituent; il raconte les diverses tentatives qui, au XVIII^e siècle, furent faites sur l'air considéré comme corps simple subissant l'influence d'effluves cosmiques, les recherches qui les suivirent et qui firent abandonner les théories du phlogistique après la mémorable expérience de Lavoisier.

La récente découverte de l'argon et, plus encore, la connaissance de ses propriétés, par lord Rayleigh et le professeur W. Ramsay, n'ont pu être nettement affirmées qu'à l'aide de procédés électriques: l'examen des spectres donnés par les gaz soumis, en vase clos, à l'action de l'étincelle électrique et l'application d'une méthode analogue à celle de Cavendish pour la combinaison de l'azote. Cette nouvelle acquisition scientifique légitimerait, s'il en était besoin, la publication de M. W. Ramsay dont M. G. Charpy donne une traduction qui en fait ressortir tout l'intérêt pour le lecteur français.

Manuel de l'inventeur, par C. BLÉTRY et BLÉTRY fils.

Un vol. Paris, Gauthier-Villars et fils.

On peut être électricien et inventeur sans être légiste; et, cependant, il est bien nécessaire, sinon indispensable, à tout inventeur qui veut s'assurer la propriété et le bénéfice de sa découverte, de connaître, au moins dans leurs dispositions générales, les lois en vigueur en France et à l'étranger.

À ce point de vue, le *Manuel* de MM. Blétry leur sera très utile en les édifiant sur les dispositions fondamentales qui réglementent les brevets, patentes ou privilèges qu'ils peuvent s'assurer, et en les éclairant sur les garanties et avantages, ainsi que sur les obligations que comporte la prise d'un brevet.

Télégraphie pratique, par L. MONTILLOT. Un vol. grand in-8 avec 6 Planches hors texte. Paris, V^e Ch. Dunod; 1898.

M. Montillot a très heureusement condensé dans cet Ouvrage les monographies de tous les appareils usités en France; il n'y a traité que les questions théoriques indispensables, celles que tout praticien doit connaître et dont la résolution n'excède pas le cadre des Mathématiques élémentaires : c'est autant qu'il en faut, en effet, pour faire, en toute connaissance du sujet, de la télégraphie pratique.

La description et le fonctionnement des appareils Hughes, Baudot, Wheatstone et du siphon recorder font l'objet, chacun, d'un Chapitre très complet et dont l'intelligence est grandement facilitée par nombre de figures. La construction des lignes aériennes, souterraines et sous-marines occupe trois Chapitres fortement documentés; dans celui des essais électriques, l'Auteur a indiqué les méthodes de mesures usuelles et a décrit avec soin les instruments, les détails de réglage et les précautions à prendre. L'Ouvrage se termine par une étude sur les dérangements de postes et de lignes, ainsi que sur les moyens propres à les circonscrire et à les réparer rapidement.

Quoique intéressant aussi les constructeurs d'appareils télégraphiques, l'Ouvrage de M. Montillot est plus particulièrement destiné à l'usage des télégraphistes de l'État et des compagnies de chemin de fer, qui trouveront en lui un guide sûr, facile à suivre et autorisé par une grande expérience.

Manuel des brevets d'invention et de la contrefaçon, par M. G. DU LAURENS
DE LA BARRE. Un vol. Paris, A. Fontemoing.

Dans cet Ouvrage, destiné aux personnes dont ce n'est pas l'affaire de compiler les recueils d'arrêts juridiques, sont exposées les dispositions de notre législation sur les brevets, ainsi que les principales questions auxquelles la loi de 1844 a donné naissance.

Les formalités légales et administratives relatives à la demande et à la cession de brevets y sont énoncées aussi complètement que possible, et des modèles de demande, de description, etc., permettent aux personnes intéressées de fixer leurs idées d'après une formule très claire.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Détermination mécanique des courbes terminales des spiraux (M. Ch.-Ed.-Guillaume), p. 333.

Compte rendu du voyage en Suisse des élèves de l'École supérieure d'Électricité, p. 339.

Ecole supérieure d'Électricité : examens de sortie, p. 392.

LA DÉTERMINATION MÉCANIQUE DES COURBES TERMINALES DES SPIRAUX ⁽¹⁾.

M. CH.-ÉD. GUILLAUME. — « Supposons que l'on nous propose le problème suivant : *Construire un système oscillant composé d'un volant et d'un ressort, et dont les périodes successives soient égales entre elles à un cent-millième près.* Nous avons parmi nous des constructeurs que rien n'arrête; mais, si l'un d'eux acceptait de traiter le problème, ce serait probablement dans l'idée qu'on lui laisserait le champ libre pour l'exécution du mécanisme, et qu'aucune autre condition supplémentaire ne lui serait imposée. Il se réserverait d'adopter les dimensions les plus convenables, et, en particulier, d'établir un appareil assez gros pour que les frottements n'apportent que des perturbations insignifiantes. Il assurerait la fixité de la direction de l'axe, la stabilité du support et la constance de la température. Enfin, il se proposerait de limiter le mouvement à de faibles amplitudes.

» Mais ce n'est pas sous cette forme que le problème se présente

(1) Communication faite en séance mensuelle du 6 juillet 1898.

dans la pratique. La fixité de direction de l'axe n'est pas assurée; même le support est soumis à des mouvements irréguliers; la température varie souvent brusquement, la force motrice dont on dispose est bien inférieure au millionième de cheval; l'amplitude du mouvement est nécessairement très grande en raison des diverses fonctions que l'organe oscillant doit remplir dans chacun de ses mouvements. Enfin, dernière condition qui les résume toutes, le système tout entier avec son moteur et son enveloppe doit trouver place dans un gousset.

» J'ai suffisamment défini la montre de poche pour qu'il soit maintenant inutile d'insister sur la difficulté du problème auquel s'attaque le moindre des horlogers et sur ce qu'a de surprenant l'industrie qui déverse annuellement dans le monde des milliers de très bonnes montres et des millions de montres ayant une marche à peu près régulière.

» Un grand nombre de perfectionnements de détail ont pu être introduits dans la montre par des artistes habiles et ingénieux. Mais le mouvement du système oscillant lui-même est d'une nature trop complexe pour qu'on ait pu s'en rendre maître sans le secours d'une profonde analyse. C'est à Phillips que l'on doit de l'avoir discuté pour la première fois dans le détail et d'avoir donné une méthode générale permettant d'arriver à coup sûr à l'isochronisme, c'est-à-dire à l'égalité de durée des oscillations grandes et petites.

» L'équation différentielle du mouvement à laquelle arrive Phillips est la suivante :

$$I \frac{d^2 \omega}{dt^2} = -G\omega + Yx - Xy.$$

» Le côté droit de l'équation contient, comme premier terme, l'expression du moment de rotation exercé sur l'axe par le spiral. Les deux autres termes sont l'expression d'un moment additionnel, dans lequel X et Y sont les composantes d'un effort latéral agissant sur l'axe, x et y les coordonnées du centre de gravité du spiral.

» Si l'on pouvait annuler les deux derniers termes, l'équation se réduirait à celle d'où résulte un mouvement oscillant isochrone. Tout le problème est donc concentré sur ce point : annuler le terme $Yx - Xy$.

» Phillips fait observer que, dans un système bien construit et suffisamment symétrique, les composantes de l'effort sont peu importantes. Si l'on veut que le produit soit négligeable, il faut que l'autre terme soit très petit, c'est-à-dire que le centre de gravité soit très près de l'axe de rotation. Théoriquement, on le placera en permanence sur l'axe ; mais, lorsqu'on passera à la pratique, on profitera de ce que X et Y sont très petits, et l'on se bornera à rendre aussi x et y très petits.

» Partant de cette première condition, Phillips cherche à la remplir en donnant aux extrémités du spiral une forme particulière, et voici la construction à laquelle il arrive :

» Le spiral doit être terminé par des courbes astreintes chacune à la condition d'avoir leur centre de gravité sur le rayon perpendiculaire à celui qui passe par le point où la courbe quitte la spire. Ce centre de gravité doit être à une distance de l'axe égale à $\frac{r^2}{l}$, c'est-à-dire à une troisième proportionnelle à la longueur l de la courbe et au rayon r des spires.

» On comprend que ces deux conditions ne suffisent pas pour définir complètement les courbes en question, qui, pour un même point de départ et un même point d'arrivée, sont en nombre infini.

» En pratique, on impose encore les conditions, assez vagues, de facilité d'exécution des courbes sur les spiraux de toutes dimensions, sans que l'élasticité du métal subisse une altération importante.

» Depuis que les conséquences du Mémoire de Phillips ont été comprises des régleurs, la détermination des courbes, dont il avait indiqué lui-même de nombreux types, est devenue l'un des problèmes classiques des écoles d'Horlogerie. Tous les élèves qui font des apprentissages complets ont dessiné une ou plusieurs courbes remplissant les conditions indiquées par Phillips.

» La méthode est toujours la même : on prend deux axes rectangulaires passant par le centre du spiral, on dessine de sentiment une courbe, entre deux points donnés, puis on la sectionne et l'on calcule ses moments statiques par rapport aux deux axes, de manière à déterminer la position de son centre de gravité. On la retouche alors en une région convenablement choisie pour se rap-

procher des conditions théoriques; et l'on continue ainsi, en déterminant chaque fois sa longueur totale, afin de fixer la position nouvelle que doit occuper son centre de gravité après chaque retouche.

» Cette opération assez laborieuse a été faite pour un certain nombre de courbes dessinées à grande échelle et réduites ensuite par la photographie. On en a constitué ainsi des atlas, dans lesquels les horlogers puisent suivant leurs besoins. Mais, si l'on possède déjà des courbes répondant suffisamment à la plupart des cas, on désirerait souvent pouvoir les varier, créer rapidement des types nouveaux, correspondant à des modèles de chronomètres bien déterminés. C'est là qu'il m'a semblé qu'une méthode mécanique pourrait rendre quelques services, en abrégant beaucoup les tâtonnements.

» Le principe de l'appareil ayant été établi, j'en fis part à mon ami M. J. Pettavel, directeur de l'École d'Horlogerie de Fleurier (Suisse), qui en dessina les détails, l'exécuta lui-même avec une grande habileté et en assura le parfait fonctionnement.

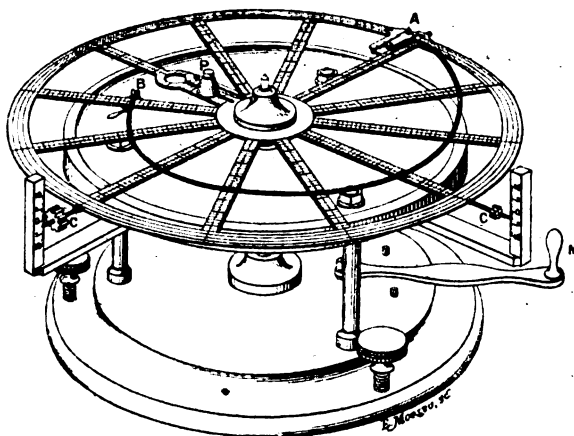
» L'appareil que nous avons ainsi réalisé ensemble se compose d'un disque porté par un pivot et muni de deux pinces A et B, ainsi que de deux poids CC, se vissant sur deux tiges placées à angle droit et destinés à mettre le disque en équilibre. Au repos, ce disque est porté par une plate-forme sur laquelle il repose par son pourtour, et dont le centre est percé pour laisser passer une tige verticale terminée par une cuvette polie en acier trempé. Cette tige s'appuie sur un segment incliné que gouverne la manette M, et peut monter ou descendre, de manière à porter le disque sur sa pointe ou l'abandonner sur la plate-forme.

» Voici maintenant comment on peut, à l'aide de cet appareil, réaliser une courbe de Philipps.

» Un fil de métal flexible, par exemple un fil fusible de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre, est d'abord mesuré, puis pesé, enfin pincé par ses extrémités en A et B. Dans le diamètre perpendiculaire à celui qui passe par le point A, on place un poids P, égal au poids de la courbe, à une distance du centre égale à $\frac{r^2}{l}$, ou, plus généralement, un poids quelconque à une distance telle que son moment statique par rapport au pivot soit égal à celui que la courbe doit finalement pos-

séder. On soulève le disque sur son pivot, on constate la direction et la grandeur approximative du défaut d'équilibre, on retouche la courbe avec des pinces, et l'on continue ainsi jusqu'à ce que l'équilibre soit obtenu.

Fig. 1.



APPAREIL POUR LA DÉTERMINATION MÉCANIQUE DES COURBES DES SPIRAUX.

AB, fil flexible maintenu à ses deux extrémités; P, poids égal au poids du fil; CC, poids destinés à maintenir l'équilibre; M, manette de commande du disque.

» Avec notre appareil, dont le disque a un diamètre de 20^{cm}, on établit l'équilibre par des retouches successives, généralement en moins de cinq minutes. Une courbe ayant été obtenue, il suffit d'en faire un calque que l'on réduit ensuite comme pour les courbes trouvées par le dessin.

» Le procédé mécanique, outre sa beaucoup plus grande rapidité, semble présenter sur la méthode graphique un autre avantage, tenant à ce que la détermination d'un type de courbe se fait d'une façon exactement semblable à celle qui sera plus tard employée pour réaliser pratiquement les courbes sur les spiraux eux-mêmes. Les conditions d'exécution se manifestent donc dès la création de la courbe, ce qui permet de choisir d'emblée les types qui seront pratiquement utiles.

» Il me reste maintenant, Messieurs, à vous dire ce que ma Communication peut bien avoir d'électrique. La tâche sera facile.

» Vous savez qu'on emploie de plus en plus, dans les instruments de mesure portatifs, des spiraux destinés à fournir le mo-

ment antagoniste au système sollicité par le moment à mesurer. Ces instruments, dont plusieurs construits par de nos collègues, se sont rapidement perfectionnés et peuvent déjà prétendre au titre d'instruments de précision. Mais ils sont de création récente et l'on n'a pas épuisé sur eux la série des perfectionnements dont ils sont susceptibles. On n'a pas été, à leur égard, aussi exigeant qu'on l'est aujourd'hui pour la montre la plus ordinaire, et je crois que les constructeurs de ces appareils pourraient gagner encore si l'on suivait, dans leur construction, les vieilles pratiques de l'horlogerie.

» On remarquera, en particulier, que l'équation réduite de Phillips est celle qui assure la proportionnalité des moments aux angles, condition qu'il peut être utile de remplir dans un appareil de mesure. De plus, l'absence d'efforts latéraux peut aussi avoir son utilité.

» Les horlogers possèdent de nombreuses courbes de Phillips. Les électriciens n'en ont pas encore, et la diversité des instruments obligera sans doute à en établir de nouvelles. C'est là que notre balance sera peut-être appelée à rendre quelques services. »

M. le Président remercie M. Guillaume.

RAPPORT

SUR

L'EXCURSION ÉLECTROTECHNIQUE FAITE EN SUISSE

PAR LES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ,

du 1^{er} au 10 avril 1898.

AVERTISSEMENT.

« L'École supérieure d'Électricité a profité des dernières vacances de Pâques pour entreprendre sa première excursion technique en pays étranger. La Suisse, par le nombre et la variété de ses installations hydrauliques et électriques, par son voisinage et les facilités de communication, était tout indiquée pour une excursion de ce genre; c'est elle que nous choisismes comme but du voyage, et l'on trouvera plus bas le programme détaillé de notre itinéraire (1). M. le professeur Palaz, de l'Université de Lausanne, avait bien voulu nous signaler par avance les points les plus intéressants à visiter, et nous servir d'intermédiaire auprès des directeurs d'usine pour obtenir les autorisations nécessaires; nous sommes heureux de pouvoir l'en remercier ici publiquement. Sur sa demande, M. l'ingénieur Muret, de Lausanne, a consenti à nous accompagner pendant toute la durée du voyage, à nous servir de guide et souvent aussi, hélas! d'interprète, car nous avons pu constater et déplorer une fois de plus combien la connaissance des langues étrangères est peu répandue chez nos élèves; nous n'oublierons certes pas l'excellent compagnon de voyage que M. Muret a été pour nous pendant ces dix jours: il est pour une bonne part dans la réussite de notre excursion. Quant aux ingénieurs qui partout nous ont reçus et guidés avec une complaisance infatigable, ne pouvant les nommer ici individuellement, nous leur adressons à tous notre bien vive et sincère

(1) Nous adressons ici tous nos remerciements à la C^{ie} P.-L.-M. qui a bien voulu nous accorder une réduction de 50 pour 100 sur le trajet Paris-Genève et retour.

gratitude; qu'il nous soit permis néanmoins d'adresser un souvenir particulier et reconnaissant à M. Thury, l'ingénieur affable, modeste et savant qui a bien voulu nous consacrer une journée entière de son temps si précieux; tous ceux qui l'ont approché savent combien sa conversation est instructive et son expérience profonde; nos élèves ne l'oublieront certainement pas.

» On ne s'étonnera pas que, dans des conditions si favorables, nos élèves aient pu recueillir des documents nombreux accompagnés de croquis et de clichés photographiques; dès le retour, il s'agit de classer et de rédiger ces documents; le Bureau de la Société, désirant encourager ce travail, en décida l'impression dans le *Bulletin*; c'est là l'origine du Rapport que l'on va lire, au moins en partie, son étendue n'ayant pas permis de l'insérer dans son ensemble ⁽¹⁾; nous laissons donc la parole à nos élèves, heureux de leur fournir cette occasion de produire en public le fruit de leur travail et de leurs efforts ⁽²⁾.

*Programme du voyage d'étude en Suisse de l'École supérieure
d'Électricité de Paris, du 2 au 9 avril 1898.*

Samedi 2 avril.

Genève, arr. (de Paris) 8^h46^m. (heure de Paris).
Logement et repas : *Hôtel Terminus Baur* (près la gare).
Déjeuner à l'arrivée.
Visite de l'Usine de la Coulouvrenière.
12^h s. Lunch à l'hôtel.
Visite de l'Usine de Chèvres.
7^h s. Dîner à l'hôtel. Logement.

Dimanche 3 avril.

6^h15^m. Déjeuner.
Genève, dép. 7^h5^m.
Lausanne, arr. 8^h20^m.
Visite des installations du Tramway électrique.

Lausanne, dép. 10^h35^m.
Montreux, arr. 11^h35^m.
Lunch à midi à l'*Hôtel Terminus* (buffet de la gare).
Visite de l'Usine électrique Vevey-Montreux.
Montreux dép. 6^h28^m s.
Lausanne arr. 7^h30^m s.
Dîner à l'arrivée au *Buffet de la Gare*.
Lausanne, dép. 8^h25^m s.
Neuchâtel, arr. 11^h5^m s.
Logement et repas *Hôtel Belle-Vue* (au bord du lac).

Lundi 4 avril.

7^h m. Déjeuner.
Neuchâtel, dép. 7^h47^m.
Noiraigue, arr. 8^h36^m.
A pied : sur Boudry avec course et visite

(1) Le manuscrit du Rapport, les croquis et les photographies seront conservés à la Bibliothèque de l'École, où l'on pourra les consulter.

(2) Les élèves ayant pris part à l'excursion sont : MM. Bigot, Brenot, Courtois, Driole, Duval, Gaumy, Gauthier, Génon, Guéry, Lance, Larroze, Turenne, Witzig. La rédaction du Rapport a été partagée par groupes entre ces élèves; la rédaction générale a été revue et refondue par M. Bigot, major de la promotion.

des Usines du Val de Travers et de Champ-du-Moulin.
10^h 30^m m. Lunch à Champ-du-Moulin, *Hôtel de la Truite*.
Visite des Usines de Combe Garrot et de la ville de Neuchâtel.
Boudry (station Regional), à 3^h s.
Neuchâtel, arr. (Gare J.-S.) à 4^h 4^m s.
» dép. » à 4^h 15^m s.
Berne, arr. 6^h 5^m s.
Logement et repas *Hôtel Croix-Fédérale* (Kreuz).
7^h s. Diner.

Mardi 5 avril.

6^h 15^m m. Déjeuner.
Berne, dép. 7^h m.
Langenthal, arr. 8^h m.
En voiture à l'Usine de Wynau et retour à Langenthal.
Langenthal, dép. 12^h 6^m s.
Aarbourg, arr. 12^h 24^m s.
12^h 30^m s. Lunch à Aarbourg, *Hôtel de la Couronne* (près de la gare). Visite de l'Usine Olten-Aarbourg et retour sur Olten (à pied).
Olten, dép. 4^h 43^m s.
Baden, arr. 6^h 21^m s.
Repas et logement, *Hôtel de l'Ours*.
7^h s. Diner.

Mercredi 6 avril.

7^h m. Déjeuner.
Visite des ateliers Brown Boveri (près de la gare).
Baden, dép. 10^h 40^m m.
Rheinfelden, arr. 12^h 13^m s.
12^h 30^m s. Lunch à l'*Hôtel z. Schützen*.
Visite de l'Usine électrique de Rheinfelden.
5^h s. Diner, même hôtel.
Rheinfelden, dép. 6^h 34^m s.
Zurich, arr. 8^h 46^m s.
Logement et repas *Hôtel Baur en ville*.

Jendredi 7 avril.

7^h m. Déjeuner.
Visite des installations électriques de la Ville. Tramways.
12^h m. Lunch.
Visite des ateliers d'Erlikon près Zurich.
7^h s. Diner.

Vendredi 8 avril.

5^h 15^m m. Déjeuner.
Zurich (gare Enge), dép. 5^h 51^m m.
Wädenschweil, arr. 6^h 35^m m.
» dép. 7^h 23^m m.
Arth, arr. 9^h 5^m m.
» dép. 9^h 13^m m.
Schwytz, arr. 9^h 30^m m.
En voiture, course à l'Usine de Schwytz et retour.
12^h 30^m s. Lunch à Schwytz, *Hôtel Cheval-Blanc*.
Schwytz, dép. 2^h 53^m s.
Lucerne, arr. 4^h 15^m s.
Logement et repas *Hôtel Victoria, près de la gare*.
Visite de l'Usine Dorenberg, soit :
Lucerne, dép. 5^h 5^m s.
Littau, arr. 5^h 14^m s.
» dép. 7^h 2^m s.
Lucerne, arr. 7^h 15^m s.
7^h 30^m s. Diner.

Samedi 9 avril.

6^h 30^m m. Déjeuner.
Course en voiture à l'Usine de Rathausen et retour à Lucerne.
Lucerne, dép. 10^h 40^m m.
Berne, arr. 1^h 45^m s.
Lunch à l'arrivée au *Buffet de la gare*.
Visite de l'Usine de la ville de Berne.
Berne, dép. 4^h 7^m s. (Rapide.)
Genève, arr. 7^h 25^m s. Heure E. C.
Dîner à l'arrivée au *Buffet de la gare*.
Genève, dép. 7^h 42^m s. Heure de Paris.
Paris, arr. 6^h 55^m m.

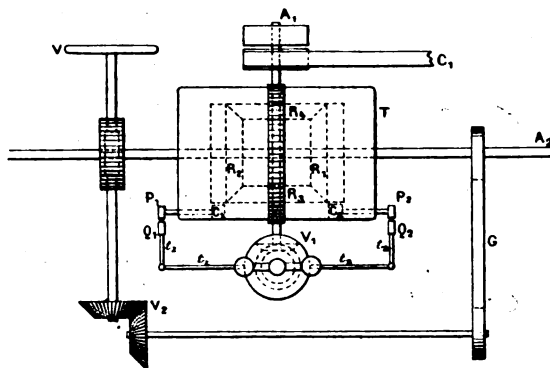
CHAPITRE I.

QUELQUES RÉGULATEURS DE TURBINES ⁽¹⁾.

I. — Usine de Schwytz.

- » Chaque turbine est munie d'un régulateur à force centrifuge qui commande le vannage au moyen d'un relai.
- » Le régulateur (*fig. 1*) à force centrifuge est actionné par la turbine au moyen d'une courroie C, de l'arbre A_1 et d'un renvoi r_1 .
- » Le vannage est commandé par l'arbre A_2 .

Fig. 1.



Régulateur de turbine.

- » Au moyen d'un relai que nous allons décrire, cet arbre A_2 est actionné par A_1 , dans un sens ou dans l'autre suivant que le régulateur augmente ou diminue de vitesse.
- » A cet effet un tambour T fou sur A_2 reçoit de A_1 , au moyen d'une vis tangente un mouvement de rotation continu.
- » Sur A_2 est montée une espèce de train différentiel formé par les quatre roues dentées R_1, R_2, R_3, R_4 :
 - » R_1 calée sur A_2 ;
 - » R_2 folle sur A_2 .
 - » Au moyen d'un dispositif que nous verrons plus loin, lorsque

(1) Extrait d'un Chapitre beaucoup plus étendu sur les installations hydrauliques visitées.

la vitesse du régulateur augmente un cliquet est déclenché, qui rend solidaires le tambour T et R₁.

» Celle-ci transmet alors le mouvement du tambour, c'est-à-dire de l'arbre A₁ à l'arbre A₂ et dans un certain sens.

» Si la vitesse du régulateur diminue, un autre cliquet rend solidaires T et R₂. Alors par l'intermédiaire de R₁, R₂ et R, l'arbre A₂ tourne en sens inverse.

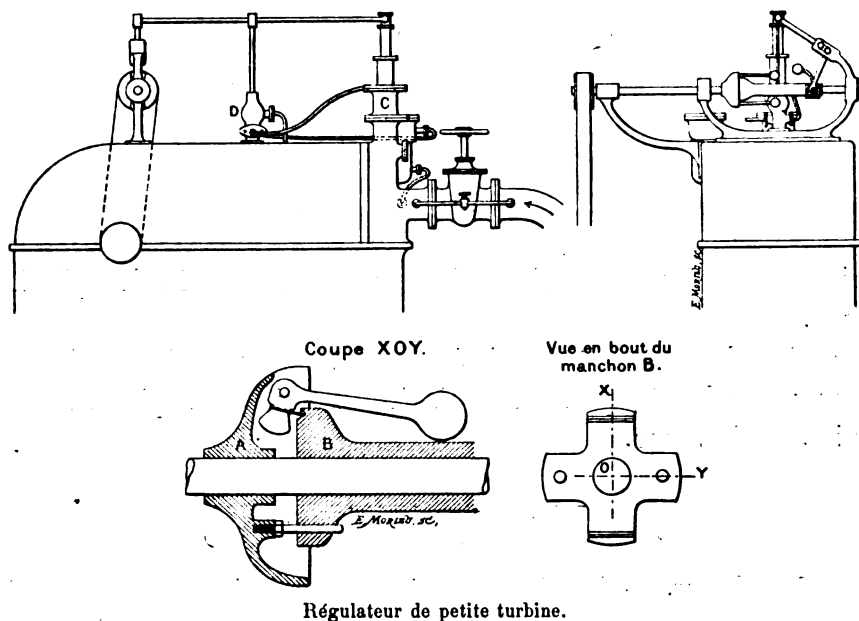
» Les cliquets C₁ et C₂ peuvent être mus de l'extérieur du tambour par les cames Q₁ et Q₂, lesquelles suivent le mouvement du régulateur au moyen des tiges t₁ et t₂.

» La manœuvre de l'arbre A₂ peut être effectuée à la main au moyen de la roue V actionnant A₂ au moyen d'une vis tangente. Afin d'éviter des coincements lorsque A₂ est actionné par le régulateur, la vis tangente est mise en mouvement au moyen de la chaîne Galle r₂ et du renvoi G.

II. — Usine de Zurich.

» La régulation des turbines à haute chute se fait en envoyant,

Fig. 2.



par un distributeur, l'eau sous pression contre un piston dont la

tige munie d'une crémaillère agit sur une vanne portant un pignon.

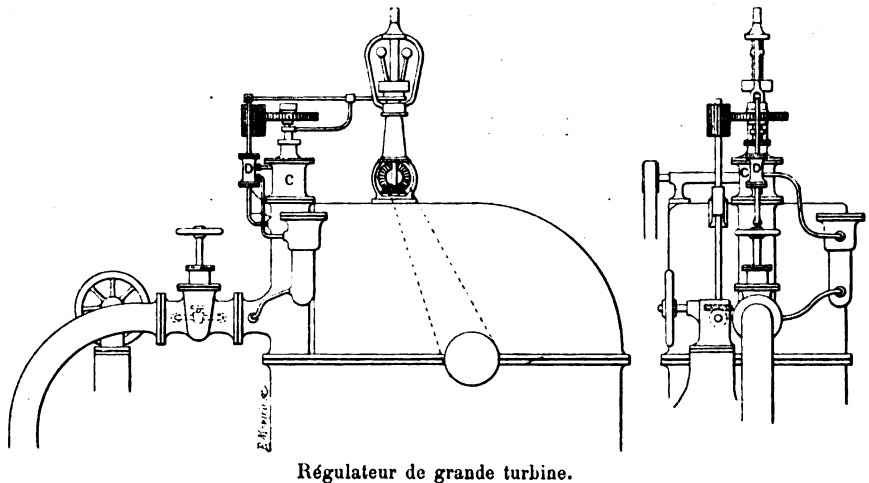
» Les régulateurs diffèrent un peu suivant la puissance des turbines.

» Pour les petites turbines (*fig. 2*), le régulateur à boules dont nous donnons le détail est à axe horizontal; il agit sur le distributeur D qui envoie l'eau sous pression d'un côté ou de l'autre d'un piston renfermé dans le cylindre C.

» Le régulateur est commandé par une courroie partant de l'arbre de la turbine.

» Pour les grandes turbines (*fig. 3*), le régulateur à force cen-

Fig. 3.



trifuge est à axe vertical, le distributeur est en D, le cylindre en G.

» Un volant et une transmission comprenant une vis, un pignon, deux roues dentées permettent d'agir à la main sur le piston et, par suite, sur la vanne.

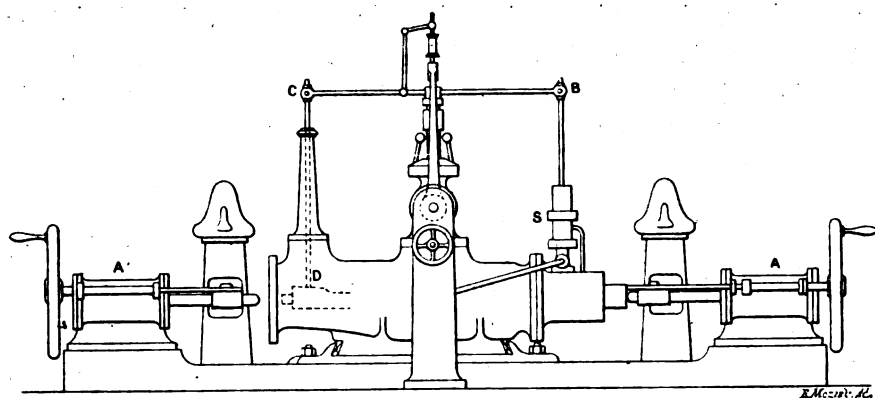
III. — Usine de Chèvres.

» *Régulateur.* — Le régulateur à force centrifuge (*fig. 4*) agit par le levier CB sur une soupape équilibrée S formant distributeur; ce distributeur peut faire communiquer l'une des faces d'un piston

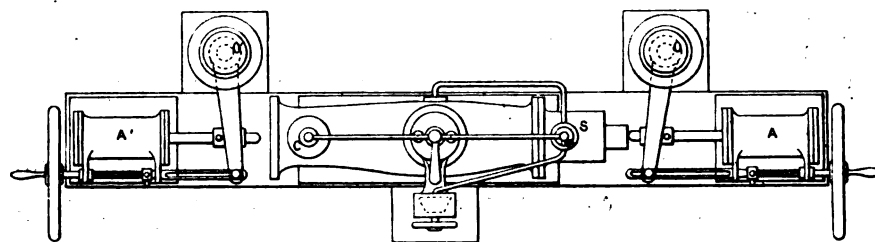
soit avec une conduite d'huile à haute pression (16^{kg}), soit avec une conduite d'évacuation.

» Un fort ressort, maintenu dans un cylindre A, tend toujours à pousser le piston vers la gauche; entre ce cylindre et le piston se trouve l'extrémité d'une manivelle dont l'axe O commande le distributeur de la turbine inférieure.

Fig. 4.



Régulateur de turbine.



Plan.

» Il est facile de voir que, suivant la position de la soupape, après le déplacement du régulateur, l'huile, agissant dans le sens du ressort ou en sens inverse, provoquera l'ouverture ou la fermeture des orifices d'admission d'eau.

» Lorsque le vannage est ouvert en grand et maintenu dans cette position par le ressort et que la vitesse baisse encore, le piston se déplaçant vers la gauche abandonne la première manivelle pour venir agir sur un système analogue commandant le distributeur de

la turbine supérieure, système dans lequel cette fois le ressort assure la fermeture au lieu de l'ouverture.

» Avec cette disposition le régulateur n'agit donc que sur l'une des deux turbines.

» La tige CD est appuyée au moyen d'un ressort contre une face inclinée portée par la tige du piston, de manière qu'après un déplacement quelconque du piston la tige CB revienne toujours à la même position : celle correspondant pour le manchon du régulateur à la vitesse à maintenir constante. Le régulateur est commandé, par l'intermédiaire de roues d'angle, par une courroie qui attaque une poulie conique; un volant et une vis permettent de fixer à la courroie une position quelconque sur cette poulie; on est par conséquent maître de régler la vitesse du régulateur.

» L'arbre O manœuvré, comme nous venons de le voir, par le régulateur à servo-moteur agit sur un balancier commandant des bielles; ces bielles commandent une sorte de tiroir cylindrique formé de palettes s'appliquant contre le distributeur; chaque palette a une largeur égale à celle d'un orifice d'admission et, par suite, à celle de la paroi séparant deux orifices consécutifs; ce tiroir mù dans le sens horizontal permettra donc l'ouverture en grand ou la fermeture des orifices d'entrée d'eau.

» Chaque couronne possède un tel tiroir, les trois tiroirs d'une turbine sont solidaires l'un de l'autre.

» Chaque tiroir peut être manœuvré à la main au moyen d'un volant, d'une vis et d'une bielle à rainure fixés sur chaque cylindre à ressort.

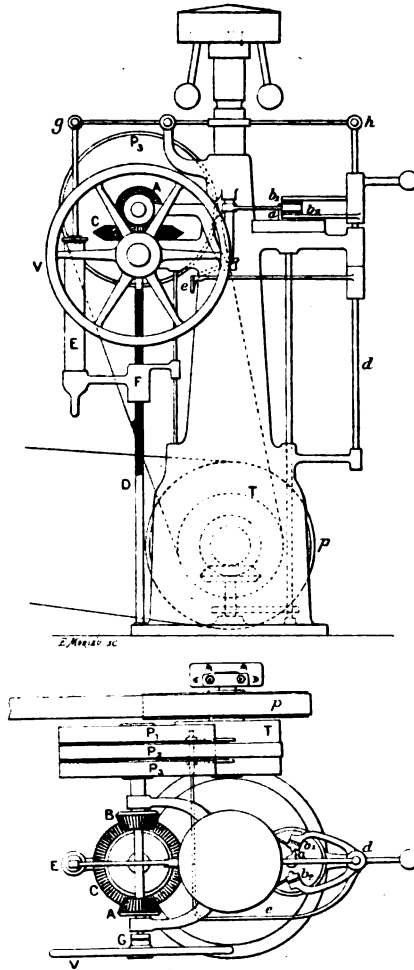
IV. — Usine de Wynau.

» Les turbines parallèles comportent des vannettes dans la couronne distributrice fixe; ces vannettes solidaires les unes des autres peuvent être mises en mouvement dans le sens vertical au moyen de tiges filetées, fixes quant à la rotation et mobiles longitudinalement grâce à des écrous munis de pignons commandés tous par une seule roue dentée.

» C'est sur cette roue dentée qu'agit l'arbre du régulateur que nous allons décrire.

» Le régulateur (*fig. 5*) est mis en mouvement par une courroie partant de l'arbre de l'alternateur; l'arbre de la poulie *p* com-

Fig. 5.

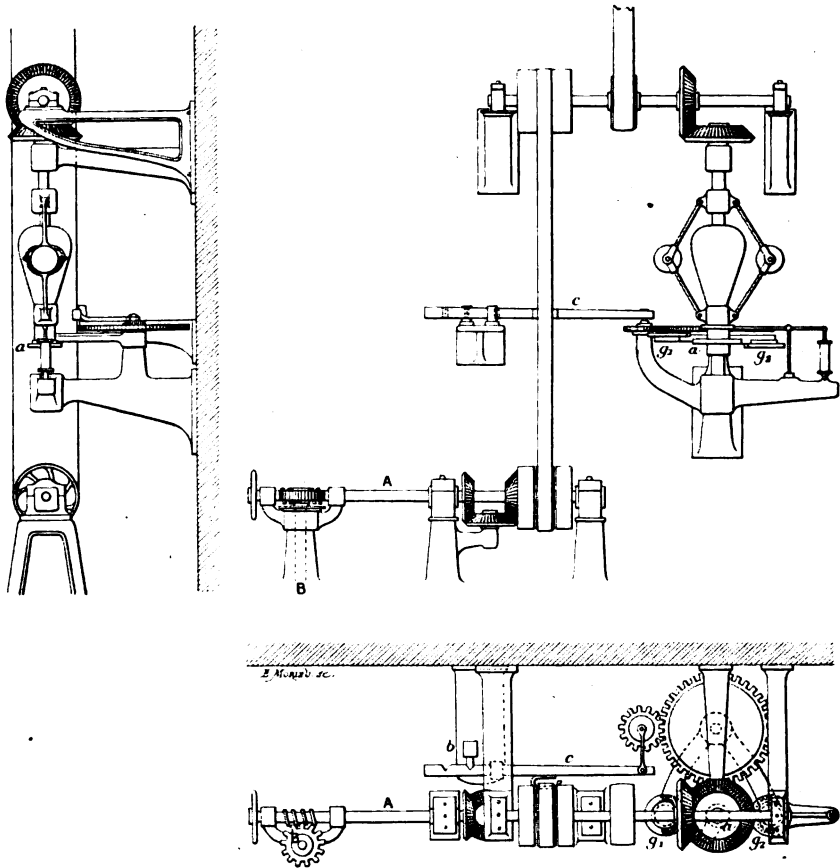


Régulateur de turbine.

mandée porte l'engrenage conique actionnant le régulateur à boules et un tambour *T* commandant par courroie une poulie folle *P₂*; deux poulies voisines sont l'une *P₁* solidaire de l'engrenage *A*, l'autre *P₃* solidaire de l'engrenage *B*; entre *A* et *B* se trouve l'engrenage *C*, dont l'arbre *D* actionne la roue dentée dont nous avons parlé.

» On conçoit que, la courroie étant sur P_1 ou sur P_3 , l'arbre D est commandé par A ou par B et tourne par conséquent dans un sens ou dans l'autre, c'est-à-dire agit sur le vannage dans le sens d'une augmentation ou d'une diminution de vitesse. Le régulateur

Fig. 6.



Régulateur de turbine.

doit donc assurer le déplacement de la courroie dans le sens voulu par la vitesse.

» A cet effet, une came a animée d'un mouvement de rotation continu, peut, dans sa course, rencontrer l'un des deux contacts b_1, b_2 , dont la position dépend du manchon du régulateur et par suite de la vitesse; lorsque l'un de ces contacts est atteint par la came il est déplacé latéralement et entraîne l'arbre d qui, par l'intermédiaire

d'une tringle solidaire e portant une fourche, détermine le déplacement de la courroie.

» Le régulateur est muni d'un amortisseur E, dont le point fixe varie à chaque manœuvre du régulateur; ce point fixe est un manchon F taraudé et monté sur l'arbre D, présentant un filetage sur une partie de sa longueur.

» Grâce à ce dispositif, le levier gh est toujours ramené dans la même position correspondant au régime de marche voulu.

» Un volant V peut, grâce à un embrayage G et un engrenage conique situé au-dessous de G, commander l'arbre du vannage, ce qui assure la manœuvre à la main.

V. — Usine de Berne.

» Le régulateur automatique (*fig. 6*) est basé sur le même principe que celui de l'usine de Wynau.

» Le manchon du régulateur entraîne une came α , dont la position dépend de la vitesse; cette came peut rencontrer l'un des galets g_1 , g_2 et déterminer, grâce à une transmission visible sur le croquis, le déplacement d'une courroie agissant sur un système analogue à celui du régulateur précité; le mouvement, dans un sens ou dans l'autre, de l'arbre A est transmis, par vis et pignon, à l'arbre B commandant le vannage.

» Un arrêt b , muni d'un ressort, et trois crans, disposés sur la tringle c , empêchent de trop grands mouvements de la courroie.

» Les régulateurs sont commandés par un seul arbre, recevant par courroie le mouvement de l'arbre général de l'usine.

CHAPITRE II.

GÉNÉRALITÉS SUR LES DIFFÉRENTS MODES DE DISTRIBUTION.

» Nous avons eu occasion de visiter des installations à courant continu et à courant alternatif simple ou polyphasé.

» 1. *Courant continu*. — Dans les distributions par courant continu, le système généralement adopté est le système à intensité constante (sauf, bien entendu, dans les usines d'électrolyse ou de traction).

» La distribution en série à laquelle cet emploi a donné lieu comporte, comme on le sait, des génératrices excitées en série et groupées en série sur la ligne générale sur laquelle les appareils d'utilisation sont eux-mêmes montés en série.

» Les moteurs sont munis de régulateurs spéciaux, dus à l'éminent ingénieur, M. Thury, dont le nom est et restera attaché à ce genre de distribution.

» Des postes de transformation assurent une tension constante pour l'éclairage et les petits moteurs.

» Nous signalons que le système de distribution Thury est appliqué exclusivement à des stations possédant une force motrice hydraulique à haute chute; la raison en est certainement dans la nécessité où l'on se trouve d'avoir des vitesses notables (sans transmissions de mouvement) seules compatibles, vu la haute tension nécessaire, avec les exigences complexes de la construction des dynamos à courant continu.

» 2. *Courant alternatif*. — Nous avons rencontré les trois formes sous lesquelles le courant alternatif est utilisé actuellement : mono, di et triphasé.

» Le monophasé est utilisé dans les usines datant déjà d'un certain temps (Dorenberg, Vevey-Montreux), sauf celle de Neuchâtel qui est plus moderne, mais utilise pour la lumière seulement cette forme de courant.

» L'obligation de distribuer simultanément la lumière et la force motrice a, pour des raisons bien connues, généralisé l'emploi des courant polyphasés.

» Les usines de Chèvres, Olten-Aarbourg et de Rathausen créent du courant diphasé; dans les trois cas les alternateurs donnent directement la haute tension; néanmoins, à Chèvres un transformateur et à Olten un alternateur spécial servent d'élévateurs de tension ou de survolteurs.

» A Chèvres, la distribution est à quatre fils; à Olten, elle est à quatre ou à trois fils, suivant l'importance des branchements; à

Rathausen, elle a trois fils, mais la lumière et la force motrice sont distribuées par des réseaux distincts.

» Les usines de Neuchâtel (pour la force motrice seulement), Wynau, Schwytz et Rheinfelden produisent des courants triphasés.

» Sauf à Wynau, où des transformateurs élèvent la tension de 450 à 8000 volts, les alternateurs des usines produisent directement le courant envoyé dans les lignes.

» A Schwytz, la distribution est particulière en ce sens que l'éclairage est pris uniquement sur une phase ; cette particularité est d'ailleurs étudiée en son lieu et place.

» Quant à l'usine de Rheinfelden, actuellement en montage, nous n'avons pu recueillir sur elle que fort peu de renseignements.

CHAPITRE III.

DISTRIBUTION PAR COURANT CONTINU ⁽¹⁾.

DISTRIBUTION EN SÉRIE (SYSTÈME THURY) DES USINES DU VAL DE TRAVERS.

CHAPITRE IV.

DISTRIBUTION PAR COURANT ALTERNATIF SIMPLE ⁽²⁾.

DISTRIBUTION DE VEVEY-MONTREUX, NEUCHÂTEL (ÉCLAIRAGE), ZÜRICH.

CHAPITRE V.

DISTRIBUTION PAR COURANT ALTERNATIF DIPHASÉ.

I. — Usine de Chèvres.

» L'usine de Chèvres, située sur le Rhône, à 6^{km} en aval de Genève, a été créée en vue d'utiliser la force motrice du fleuve pour

⁽¹⁾ Voir le Rapport complet.

⁽²⁾ *Ibid.*

les différentes applications d'éclairage et de force motrice de la ville.

» L'usine est prévue pour contenir quinze groupes; la partie actuellement construite en renferme cinq, comprenant chacun deux turbines superposées et un alternateur. La puissance de chaque paire de turbines est, en moyenne, de 1000 chevaux.

MACHINES GÉNÉRATRICES.

» Les génératrices diphasées à axe vertical, calées directement sur l'axe des turbines, sont d'un type très original, étudié par M. Thury et construit par la Société de l'Industrie électrique. Elles appartiennent à la classe des alternateurs à fer tournant.

» La partie fixe comprend deux couronnes de fonte superposées, assemblées par des boulons. Chaque couronne porte un enroulement inducteur et des bobines induites disposées à la périphérie.

» La partie mobile est constituée par une cloche d'acier d'un diamètre extérieur de 4^m,50, tournant à une vitesse de 80 tours par minute, et fixée à l'arbre par sa partie supérieure. Cette cloche porte, à l'intérieur de sa paroi verticale et séparés par des évidements, les épanouissements feuilletés qui servent à produire les variations de réluctance dans le circuit magnétique.

» L'une des couronnes de la partie fixe peut être déplacée d'un certain angle par rapport à l'autre, ce qui permet de produire des forces électromotrices monophasées ou diphasées, suivant la position des bobines induites.

» Les machines avaient été prévues pour donner 180 ampères sous la tension de 3000 volts, à la fréquence 45. Malheureusement, si l'acier de la cloche a été reconnu d'une excellente qualité, par contre la fonte de la partie fixe contenait une proportion trop grande de manganèse, de phosphore, d'arsenic et d'antimoine, et s'est trouvée saturée à une induction de 8000 unités C.G.S. Dans ces conditions, les machines n'ont pu donner que 2500 volts. La difficulté a été tournée en réduisant à 5^{mm} l'épaisseur de l'entrefer, qui était primitivement de 60^{mm}. Pour obtenir ce résultat, on a dû modifier les bobines induites, auparavant posées à plat sur des anneaux lisses en tôle laminée, portés par la couronne, et maintenues par des

cerclages. Des paquets de tôle ont été encastrés dans la fonte; le fil induit a été enroulé autour de ces épanouissements. On a donc, en réalité, substitué une armature dentée à l'armature lisse primitive. La réduction de l'entrefer a obligé le constructeur à modifier les saillies de la cloche. Ces saillies avaient d'abord été alésées régulièrement sur toute leur surface. On conçoit que, avec un entrefer réduit, cette disposition devait amener des efforts d'arrachement considérables au moment du passage des saillies devant les bobines; on a dû, pour éviter cet inconvénient, tailler en chanfrein les arêtes de tous les épanouissements de la cloche.

» Lors de notre visite, cette transformation n'était encore effectuée que sur une machine que l'on distinguait parfaitement des autres, à cause du ronflement dû à la denture.

» La différence de potentiel des autres génératrices était élevée à 3000 volts au moyen de transformateurs dont le primaire est constitué par une dérivation à fil fin prise aux bornes de l'alternateur, le fil à relier au tableau de distribution étant enroulé comme secondaire.

EXCITATRICES.

» Le courant d'excitation de chacune des génératrices est de 45 ampères. Il est fourni par deux dynamos d'OErlikon à axe vertical, mues chacune par une turbine. Ces machines sont à 6 pôles, tournent à la vitesse de 250 tours par minute et peuvent débiter chacune 750 ampères sous une tension de 110 volts. Outre l'excitation des alternateurs, elles assurent le service d'éclairage et le service de force motrice de l'usine, lequel comprend l'élevage des vannes de garde, des vannes d'admission, la manœuvre du pont roulant, le réglage automatique, enfin une pompe à air pour le réservoir d'huile sous pression.

DISTRIBUTION.

» Le courant de Chèvres est utilisé pour des applications très diverses. Transformé à 45 volts, il est employé par une usine de carbures à laquelle la station ne fournit d'énergie qu'aux heures de faible charge. Il alimente également, après transformation à 5000 volts, un réseau aérien suburbain; enfin, sa principale appli-

cation, celle qui est destinée à prendre le plus d'extension, est la distribution dans Genève de l'éclairage et de la force motrice. La ligne qui relie la station génératrice à la ville est une canalisation souterraine à quatre conducteurs nus posés sur des briques et noyés dans du brai; le tout est placé dans un caniveau en béton qui contient en outre les fils pilotes. Le courant est transformé à l'intérieur de la ville à des tensions appropriées à chaque application.

» Nous citerons, par exemple, les deux commutatrices de la Coulouvrenière, construites par la maison Alioth, et qui servent à fournir du courant continu pour les tramways. Ces machines, d'une puissance de 150 kilowatts, sont constituées simplement par un anneau Gramme qui reçoit, d'une part, au moyen de bagues, le courant diphasé transformé, et porte, d'autre part, un collecteur sur lequel on recueille le courant continu à 550 volts qui doit servir à la traction. Les machines démarrent en moteurs asynchrones et, dès qu'elles ont pris leur vitesse de régime, on met les inducteurs aux bornes du courant continu; à partir de ce moment, elles fonctionnent comme moteurs synchrones.

II. — Usine d'Olten-Aarbourg.

» L'usine d'Olten fournit du courant diphasé à 5000 volts.

» Les machines électriques ont été construites par la maison Brown-Boveri. Il y a six alternateurs de 300 chevaux à axe vertical calés directement sur les axes des turbines. Ils sont à inducteurs mobiles à 84 pôles et à induit à trous monté sur une couronne de fonte de 4^m, 50 de diamètre constituant le bâti de la machine.

» Leur vitesse est de 24 tours par minute : c'est la plus faible que nous ayons observée. Ces alternateurs n'ayant pas donné aux essais la tension qu'on en attendait, les deux dernières turbines ont été appelées à faire mouvoir, par l'intermédiaire d'engrenages coniques, une génératrice à axe horizontal de 600 chevaux, tournant à la vitesse de 120 tours par minute et ayant une tension un peu plus élevée que les autres machines; cette génératrice, couplée en parallèle avec les autres, élève la tension générale du réseau : il y a là un exemple intéressant de couplage en parallèle d'alternateurs ayant des ten-

sions différentes ; ce n'est d'ailleurs qu'un artifice qui n'est pas à recommander d'une manière générale.

» Le courant est fourni aux inducteurs par deux excitatrices de 100 chevaux placées de chaque côté du tableau et qui chargent des accumulateurs. Ces machines sont à 4 pôles et tournent à la vitesse de 460 tours par minute. La tension aux bornes est de 70 volts. Elles sont mues chacune par un moteur asynchrone diphasé à 5000 volts avec induit triphasé et rhéostat de démarrage. A la mise en marche de l'usine, les accumulateurs servent d'abord seuls à l'excitation.

» Le courant d'Olten est distribué par lignes à quatre conducteurs, sauf pour les petits branchements où l'on se contente de trois fils. Il est transformé à 125 volts pour l'éclairage.

» Il est employé aux ateliers du Chemin de fer pour faire tourner le moteur qui commande la transmission. Ce moteur, qui fonctionne sous la tension de 500 volts en absorbant un courant de 60 ampères, est à induit triphasé.

» Nous ajouterons, pour terminer, que l'usine d'Olten, complète, a coûté 2 500 000^{fr} environ.

III. — Usine de Rathausen.

» L'usine de Rathausen est placée sur le barrage même qui sert à produire la chute qu'elle utilise.

» Le courant diphasé à 3300 volts est fourni par cinq alternateurs Brown à axe vertical de 300 chevaux tournant à la vitesse de 450 tours par minute. Chaque alternateur, monté sur l'arbre d'une turbine, porte sur son bâti une excitatrice mue par engrenages. Cette petite dynamo à quatre pôles, dont deux conséquents, fournit 42 ampères sous la tension de 103 volts. Son axe est vertical et entraîne le tachymètre, placé à la partie supérieure. Quatre seulement des alternateurs sont en marche en service courant. La particularité la plus remarquable de cette installation est le système de distribution employé. La canalisation est à trois fils et comporte deux réseaux distincts, un de lumière, l'autre de force, qui ont leur point de départ au tableau de distribution. Les deux réseaux peuvent être ainsi alimentés ensemble ou séparément.

» Les installations actuelles, devenues insuffisantes, vont être complétées par deux alternateurs commandés chacun par une machine à vapeur de 600 chevaux et qui seront installés dans une aile actuellement en construction.

» L'usine présentera alors une forme d'équerre; le tableau de distribution sera placé au sommet et incliné sur chacun des côtés, de manière à être vu de tout point de l'usine.

CHAPITRE VI.

DISTRIBUTION PAR COURANT ALTERNATIF TRIPHASÉ.

I. — Usine de Neuchâtel.

» La distance de l'usine au centre de la ville est d'environ 10^{km}.

» La distribution de l'énergie pour force motrice est faite avec du triphasé à 3900 volts; celle de la lumière, entièrement distincte, par du monophasé. Malgré la complication qui en résulte, on s'est arrêté ainsi à deux systèmes distincts pour la lumière et pour la force motrice, dans la crainte que le démarrage des moteurs ou l'inégalité des charges sur les trois branches du triphasé n'amenassent du trouble dans l'éclairage. Il semble qu'aujourd'hui ces craintes aient disparu, car beaucoup d'autres réseaux utilisent le triphasé à la fois pour l'éclairage et pour la force motrice.

» *Usine.* — Elle peut recevoir neuf turbines, mais, aujourd'hui, cinq seulement sont installées, de 300 chevaux chacune. Deux alternateurs monophasés, deux triphasés sont en service; une turbine sert de réserve et l'alternateur qu'elle porte peut donner, par un changement de pôles, du mono ou du triphasé à volonté.

» La turbine pour haute chute à axe horizontal étant à injection intérieure radiale est en porte à faux; son axe porte un volant de 1500^{kg}. L'alternateur est accouplé à la turbine au moyen d'un manchon à transmission élastique par bride de caoutchouc comprimé qui, outre les avantages de l'accouplement élastique, permet l'isolation de l'alternateur.

» Le type des alternateurs mono ou triphasé est le même; le nombre des pôles et les connexions varient.

» L'induit est fixe et constitué par une couronne en tôle feuilletée; il porte dix-huit bobines de 60 spires, en fil de 3^{mm}, 5.

» L'inducteur est à bobine magnétisante unique et à pôles alternés du type de Brown des alternateurs de Lauffen-Francfort. L'excitation est de 14 à 18 ampères. En triphasé le nombre des pôles inducteurs est réduit à 12. Ces machines tournent à 330 tours. L'alternateur en réserve a 18 pôles, dont 6 peuvent être enlevés pour donner du triphasé. Un pont roulant permet de faire la manœuvre rapidement.

» Chaque machine porte son excitatrice qui donne le courant continu à la tension de 65 volts. Le tableau permet d'exciter chaque alternateur à l'aide de son excitatrice ou de les mettre en parallèle, ou d'exciter un alternateur quelconque à l'aide d'une excitatrice quelconque.

» Les alternateurs sont isolés du sol par des blocs de porcelaine et le caoutchouc du manchon de transmission.

» En temps ordinaire, le bâti de l'alternateur est relié à la terre, l'isolation des machines n'est utile qu'en temps orageux.

» *Lignes.* — Pour le monophasé la ligne est composée de 19 brins de 2^{mm}, 5 soudés et, pour la transmission de 400 kilowatts, la perte calculée est de 9 pour 100. La canalisation est aérienne, les poteaux placés tous les 35^m. A l'entrée de la ville elle devient souterraine, et à ce point se trouve une construction où sont installés les appareils de distribution.

» Les câbles du monophasé sont concentriques et protégés par une armature en fer de 1^{mm} d'épaisseur. Ceux du triphasé sont constitués par trois torons isolés, parallèles, tordus et protégés par des rubans de fer. Pour les câbles concentriques le conducteur extérieur est au potentiel de la terre. De cette différence des câbles il résulte que le triphasé n'a aucune influence sur les lignes téléphoniques voisines qui emploient la terre comme conducteur de retour, tandis que le monophasé a apporté des perturbations telles qu'il a fallu doubler les lignes téléphoniques.

» Il y a 22 stations de transformateurs, de 10 à 20 kilowatts, pour l'éclairage, placés dans des tourelles en tôle, dans des caves

ou dans des greniers. La tension au secondaire est 120 volts ou 280 volts; à un endroit même une lampe isolée a nécessité un transformateur spécial de 120 à 40 volts. En cas d'orage, la foudre qui tomberait sur le primaire pourrait, par un défaut d'isolation, s'écouler par le secondaire et occasionner des accidents. Pour les éviter on a relié un pôle du secondaire à la terre.

» *Force motrice.* — Les petits moteurs, jusqu'à 2 chevaux, sont branchés sur le circuit monophasé; ces moteurs, étant peu puissants, ne troublent pas le circuit d'éclairage. Les moteurs de 5 à 20 chevaux sont sur le triphasé. Les moteurs asynchrones monophasés démarrent en dérivant une partie du courant, le décalant à l'aide d'une bobine de self, et l'envoyant dans un enroulement du moteur donnant avec le courant de l'enroulement principal un champ tournant qui fait démarrer le moteur.

» *Tarif.* — Le compteur est admis partout. L'éclairage se paye de la manière suivante : les 125 premières heures, multipliées par le nombre de bougies de l'installation, forment la taxe minimum à 0^{fr},24 la bougie-heure; les 125 heures suivantes coûtent 0^{fr},20; les 250 heures suivantes 0^{fr},18; et le surplus 0^{fr},15 la bougie-heure.

» Pour la force motrice, le prix du cheval-an donnant droit à 3300 heures de marche varie de 400^{fr} par cheval, pour un moteur de $\frac{1}{4}$ de cheval, à 160^{fr} par cheval pour 40 chevaux.

» Le rendement total de l'installation, depuis la turbine jusqu'à l'arbre du moteur, est 68 pour 100. Le cheval effectif à vendre a exigé un capital de 1944^{fr}.

II. — Usine de Wynau.

» L'usine hydraulique étant à basse chute, les turbines ont une faible vitesse qui, avec les grands alternateurs employés, eût été insuffisante; on a donc eu recours à un engrenage conique qui porte la vitesse de 30 à 150 tours par minute.

» A Olten, où les générateurs sont directement sur les arbres, le rendement est mauvais, on a une dépense excessive d'excitation.

» Les génératrices comprennent cinq alternateurs triphasés Siemens à axe horizontal et inducteur tournant de 750 chevaux

chacune donnant, à la vitesse de 150 tours, 885 ampères sous 450 volts.

» L'éclairage et les moteurs sont sur la même ligne; lorsqu'un abonné arrête 200 chevaux, l'employé au tableau évite l'à-coup en intercalant un rhéostat de 2000 lampes qu'il retire ensuite peu à peu, le réglage au moyen des turbines serait trop lent.

» Les excitatrices sont choisies assez puissantes pour que chacune d'elles suffise à l'excitation des 5 alternateurs, à l'éclairage des bâtiments et à la mise en mouvement du moteur des vannes. Elles comprennent deux dynamos Siemens de 160 kilowatts, donnant 955 ampères à 300 tours par minute; leur volume est assez réduit et leur hauteur est de 1^m, 40.

» Il est toujours difficile de rompre le circuit d'une excitatrice, les inducteurs de l'alternateur ayant une self-induction considérable; on produit la rupture au moyen d'un interrupteur spécial décrit dans un Chapitre suivant. Le couplage se fait en produisant l'allumage de trois lampes; suivant le sens du déplacement lumineux on reconnaît la machine dont la vitesse est la plus grande. Les voltmètres employés sont des voltmètres électrostatiques de Lord Kelvin. Les coupe-circuits fondent à 40 ampères sur la ligne transformée à 8000 volts; ils sont formés d'un fil de cuivre placé dans un manchon de verre et noyé dans du talc; à cette tension l'arc peut avoir une longueur de 0^m, 50, le plomb fondait mal et l'arc subsistait quelquefois. On les place sur la ligne qui marche nuit et jour au moyen d'une pince en bois à manche d'ébonite, garnie de caoutchouc; les ouvriers ont des gants et des chaussures en caoutchouc, et malgré ces précautions restent encore sensibles.

» *Distribution.* — Le courant produit à 450 volts est amené, par câbles concentriques, à 12 transformateurs triphasés Siemens et Halske, de 200 kilowatts, qui le transforment de 260 ampères sous 450 volts, à 14,9 ampères sous 8000 volts; il est alors transmis dans le réseau. Aux centres de distribution la tension est ramenée à 120 volts ou à 500 volts pour les abonnés à grande distance, mais toujours finalement à 120 volts.

» Les canalisations sont aériennes, à isolateurs à triple cloche pour les conduites à haute tension, et munies de parafoudres Siemens. L'énergie est utilisée par des moteurs assez puissants de

25 chevaux à induit triphasé, ou de 80 chevaux faisant 485 tours sous 120 volts; le courant de la ligne passe continuellement dans l'induit triphasé, ce qui constitue une perte permanente par hystérésis; mais on évite de couper le circuit de ligne et l'on supprime les étincelles; on démarre en fermant l'induit sur la résistance maximum.

» Les pertes d'énergie sont peu importantes, le débit d'eau étant largement suffisant. L'énergie est, du reste, distribuée à des conditions avantageuses, 185^{fr} le cheval-an de nuit et jour, sauf de midi à 1^h, et à forfait, au-dessus de 200 chevaux.

» Pour un moteur de 200 chevaux, installé à la filature de Hoogwyl, on paye 55^{fr} le cheval-an.

III. — Usine de Schwytz.

» *Système de distribution.* — L'usine de Schwytz doit distribuer l'énergie à grande distance (35^{km}) soit sous forme de lumière, soit sous forme de force motrice.

» La grande distance imposait la haute tension et, par suite, le courant alternatif.

» A cause des moteurs, on a choisi le courant triphasé.

» De plus, dans les mêmes conditions de perte de charge en ligne et de tension entre les fils, il permet sur le monophasé une économie de cuivre de 25 pour 100.

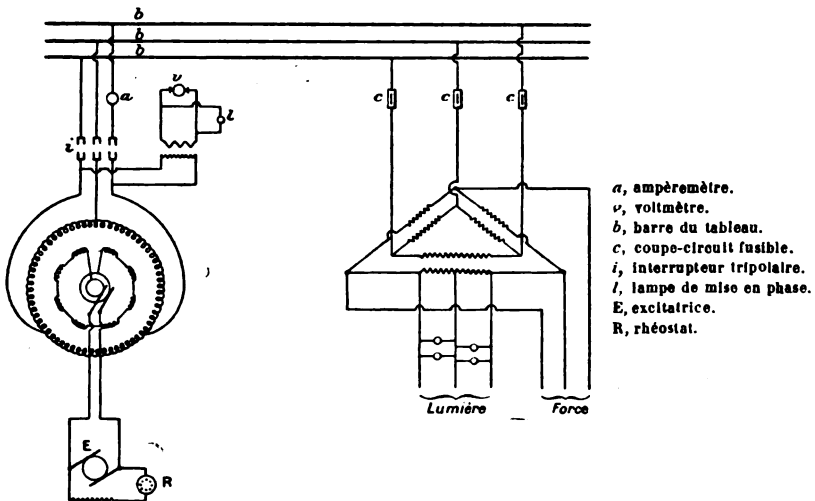
» La tension adoptée est de 8000 volts. Les transformateurs la réduisent aux points d'utilisation à 240 volts environ. Ce mode de distribution par courants triphasés a été appliqué ici d'une façon particulière (*fig. 7*).

» La lumière est toujours montée sur une phase qui, par suite, est plus chargée que les autres. Aussi les alternateurs sont-ils construits de manière à pouvoir marcher à pleine puissance sur une seule phase. Il en résulte un montage spécial des sous-stations transformatrices.

» Dans chacune d'elles se trouvent trois transformateurs montés en triangle. Celui qui correspond à la phase sur laquelle sont les lampes est plus gros que les autres. De plus, les circuits secondaires correspondant à la force et à la lumière sont indépendants,

et comme, dans un transformateur, le flux résultant est à peu près constant, il en résulte que les brusques variations d'intensité dues aux démarrages des moteurs n'ont que peu d'effet sur les lampes.

Fig. 7.



Système de distribution de Schwytz.

» Enfin on a, en général, séparé les lignes pour la lumière et les lignes pour la force motrice.

» L'alimentation des lampes se fait par une distribution à trois fils.

» *Alternateurs.* — Les alternateurs triphasés produisent directement le courant sous 8000 volts. La fréquence est de 40 périodes par seconde.

» L'inducteur à 12 pôles forme la partie mobile. Les spires des bobines, formées de lames de cuivre, ne sont isolées les unes des autres que par du vernis.

» L'induit est fixé. Cela facilite l'isolation des circuits à haute tension.

» La machine devant pouvoir fonctionner à pleine puissance sur une phase, les conducteurs sont proportionnellement très gros.

» Les excitatrices sont montées chacune sur l'arbre de l'alternateur correspondant.

» *Tableau.* — 1° Tableau des connexions. Comporte sept panneaux correspondant chacun à un alternateur.

» Les conducteurs arrivant de l'alternateur traversent un interrupteur tripolaire et sont ensuite réunis aux trois barres.

» Pour chaque machine, il y a un voltmètre, un ampèremètre et une lampe de couplage. Chaque excitatrice a son ampèremètre, son voltmètre et son rhéostat.

» 2° Tableau de distribution. Comporte six panneaux. Sur chaque panneau, un interrupteur tripolaire et un ampèremètre.

» En plus, les coupe-circuits fusibles (fil fin dans un tube de porcelaine) et des parafoudres Siemens.

» Le voltmètre et la lampe de couplage sont alimentés par un petit transformateur.

» *Réseau.* — Le réseau est entièrement aérien et en fil de cuivre nu.

» Les isolateurs sont en porcelaine et montés sur des poteaux en bois munis chacun d'un petit paratonnerre mis au sol par un fil.

» Au passage des routes, on a disposé sous les fils un berceau en fils d'acier.

» Le passage des voies ferrées s'exécute par-dessous. Il faut alors des pylones en cornières pour supporter l'effort de renversement.

» *Sous-stations.* — Les sous-stations sont en béton. Elles sont munies d'une cheminée pour la sortie des fils.

» *Réseau secondaire.* — Aérien et en cuivre nu. Les lampes sont montées sur une distribution à trois fils.

» *Moteurs.* — Les moteurs asynchrones Brown sont de deux types : 1° jusqu'à 10 chevaux, ils sont à cage d'écureuil et munis d'une poulie folle leur permettant de démarrer à vide; 2° au-dessus de 10 chevaux, ils sont à bague et peuvent au moyen d'un rhéostat démarrer sous charge.

IV. — Usine de Rheinfelden.

» *Système de distribution.* — L'usine de Rheinfelden doit desservir :

» 1° Un certain nombre d'usines situées à courte distance et fabriquant surtout de l'aluminium;

- » 2° Une distribution d'éclairage et de force à grande distance.
- » Pour satisfaire à ces demandes diverses, on a employé le courant continu et le courant alternatif.
- » Le premier dessert les usines d'électrolyse placées à faible distance.
- » Le second dessert les usines de carbures et la distribution de lumière et de force.
- » A cause des moteurs, on a choisi les courants triphasés. Ils sont produits par les génératrices sous la tension de 6800 volts et distribués ainsi dans une première zone autour de l'usine.
- » Pour la distribution à grande distance, la tension est élevée par des transformateurs à 16000 volts.
- » *Machines.* — 1° Machines d'électrolyse. Fournies par les Ateliers d'Oerlikon. Ce sont probablement les plus grandes machines de ce genre qui aient été construites.
- » Dynamos multipolaires à axe vertical : 32 pôles, 55 tours par minute. Donnent 7000 ampères sous 80 volts.

Diamètre de l'induit.....	4 ^m ,40
Diamètre extérieur.....	6 ^m ,60

- » 2° Alternateurs triphasés. Fournis par les mêmes ateliers. Alternateur à fer tournant : 55 pôles, 55 tours par minute.

Diamètre de l'inducteur.....	5 ^m ,75
Diamètre extérieur.....	6 ^m ,75

- » Lors de la visite de l'École, quelques machines seulement étaient installées. Le tableau ne l'était pas encore.

CHAPITRE VII.

TRACTION ÉLECTRIQUE.

- » A part l'ancienne et toujours bonne station de Vevey-Montreux qui utilise les conducteurs creux avec navettes, toutes les installations de tramways visitées comportent la distribution par fil aérien et trolley avec tension de 500 ou 550 volts.

» La force motrice est fournie de bien des manières; elle est hydraulique à Vevey et à Genève, à gaz à Zurich, Lausanne et Oerlikon; une partie du courant utilisé à Genève provient de la transformation du courant diphasé de Chèvres.

» Partout la marche est excellente et la seule conclusion à tirer est, pour le choix de la force motrice d'une installation projetée, de s'en rapporter aux seules conditions et facilités locales présentées par tel ou tel moyen.

» Les accumulateurs sont d'un emploi courant, il n'y a que la station de Genève qui n'en est pas pourvue.

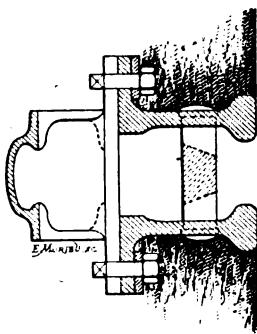
I. — Tramways de Vevey-Montreux.

» L'installation des tramways de Montreux, qui remonte à 1886, est bien connue; nous dirons seulement quelques mots des développements récents de cette installation :

» La Société électrique de Vevey-Montreux vient d'obtenir la concession de la ligne Trait-Planches.

» Cette ligne présente une pente à peu près uniforme de 15 pour 100 : la crémaillère s'est donc imposée.

Fig. 8.



Coupe d'un rail crémaillère,

» La nouvelle ligne sur route présentera une particularité intéressante due à ce que l'Administration a refusé aux concessionnaires l'autorisation de placer la crémaillère au centre de la voie.

» L'un des rails sera simple, l'autre (*fig. 8*) sera formé de deux

rails genre Vignole dont un demi-patin aura été enlevé; entre les âmes, et rivées à elles, seront placées des entretoises de section trapézoïdale qui formeront les dents de la crémaillère.

» Au-dessous de l'ensemble, on a prévu une sorte de caniveau métallique maintenu par des cornières qui permettra de faire des chasses d'eau pour éviter l'encrassement de la crémaillère.

» La voiture (*fig. 9*) portera donc la roue dentée sur le côté;

Fig. 9.

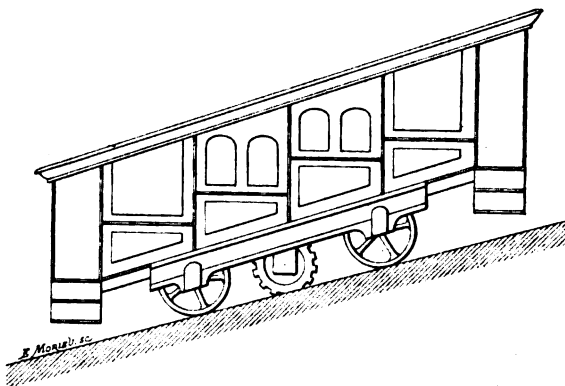


Schéma d'une voiture.

cette roue sera commandée par un moteur absolument indépendant de ceux commandant les essieux.

» Le courant nécessaire arrivant par trolley sera fourni par l'usine actuelle de Montreux.

II. — Tramways de Lausanne.

» Les tramways de Lausanne, les plus intéressants parmi ceux que nous avons visités, présentent les deux particularités suivantes : production de la force motrice par moteurs à gaz et montée par simple adhérence d'une pente de 113^{mm} par mètre.

» La station centrale possède deux moteurs à gaz pauvre, type Crossley, de 150 chevaux chacun dont un de réserve, et tournant à 160 tours par minute; ils sont à deux cylindres opposés.

» Les moteurs sont alimentés par deux gazogènes Fichet et

Heurtey à sole tournante, dans lesquels on insuffle un mélange d'air et de vapeur d'eau surchauffée.

» Le chargement se fait par la partie supérieure; de petits regards permettent l'égalisation de la couche combustible.

» La sole est mobile sur billes, une manivelle sert à la mettre en mouvement et permet le décrassage par un regard spécial.

» La vapeur est produite à 8^{kg} dans les chaudières, elle passe dans un détenteur qui ramène sa pression à 3^{kg} ou 4^{kg}; le mélange d'air et de vapeur passe, avant son entrée dans le gazogène, dans un surchauffeur dont le serpentín est parcouru par les gaz produits dont la pression à cet endroit varie de 50^{cm} à 60^{cm} d'eau.

» La valeur du gaz produit est simplement jugée par une flamme allumée au sortir des appareils; cette flamme doit être haute, bleue et présenter de petites flammèches brillantes sur les bords; ce simple aspect, est, paraît-il, une garantie suffisante.

» Le combustible employé était, au début, de l'anthracite de Saint-Étienne revenant à 28^{fr} la tonne, dont moitié pour le transport; donnant trop de mâchefers, il a été abandonné et actuellement on utilise du menu d'Anzin très fin et revenant de 32^{fr} à 32^{fr},50 la tonne à l'usine, c'est-à-dire le même prix que les briquettes employées pour les chaudières à vapeur.

» La consommation par cheval-heure varie de 750^{gr} à 560^{gr} et est d'environ 1^{kg},150 par kilomètre-voiture.

» Le démarrage des moteurs se faisait autrefois par la compression, avec une pompe à main, d'un mélange dont on déterminait l'explosion.

» Actuellement, grâce aux accumulateurs dont la station est pourvue, on fait fonctionner les dynamos comme moteurs et chacune entraîne le moteur thermique auquel elle est accouplée.

» Chaque moteur commande une dynamo au moyen d'un accouplement élastique Raffard; les bagues en caoutchouc qui servaient au début à cette transmission ont été remplacées, d'une façon très heureuse au point de vue économique, par une simple corde d'environ 1^{cm} de diamètre (*fig. 10*); cette corde est remplacée régulièrement toutes les semaines environ; lors d'un court-circuit, c'est elle qui cède et aucun organe n'est détérioré.

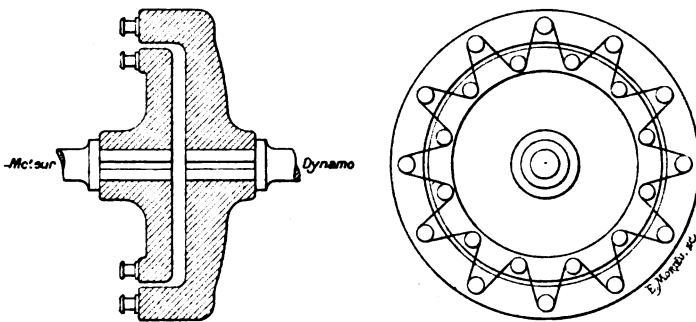
» Chaque moteur, pour résister, autant que faire se peut, aux

grandes variations de charge du réseau, est muni d'un volant important pesant 6 tonnes, 5.

» Les dynamos sont du genre Thury à 6 pôles et fournissent à la vitesse de régime de 160 tours une tension de 550 volts; elles sont isolées sur porcelaine.

» L'installation comporte une batterie d'accumulateurs Pollak donnant 400 ampères au régime de décharge en quatre heures; une batterie de réserve comporte 114 éléments.

Fig. 10.



Joint élastique Raffard.

» Le sol du bâtiment des accumulateurs est en asphalte et il a jusqu'ici donné les meilleurs résultats quant à l'isolement.

» La charge des accumulateurs est assurée par un survolteur mû électriquement et qui, mis en série avec une génératrice, peut augmenter la tension de 10 à 150 volts.

» Le tableau de distribution présente les appareils ordinaires; les parafoudres sont simplement constitués par un peigne et un plomb fusible.

» L'énergie électrique est distribuée au réseau au moyen de feeders, les uns souterrains, les autres aériens.

» La ligne aérienne est maintenue par des câbles tendeurs soutenus par des poteaux, en acier étiré d'une seule pièce ou en bois avec embase en fonte.

» La voie, unique sur la plus grande partie du réseau, est formée de rails Phénix écartés de 1^m.

» Le retour du courant se fait par les rails dont les éclisses sont renforcées, au point de vue conductibilité, par des tiges en cuivre

maintenues dans des trous des rails par des goupilles en acier.

» Le retour du courant de la voie à l'usine est assuré par plusieurs feeders constitués par des câbles nus posés dans des caniveaux en poterie.

» Les voitures, dont le dépôt est situé tout près de l'usine génératrice mais à un niveau beaucoup plus élevé, sont de deux types : un premier type pesant 3 tonnes, 5 à vide sert à l'exploitation des lignes ordinaires ; un second, plus léger, est réservé à la ligne présentant la pente de 113^{mm} déjà indiquée.

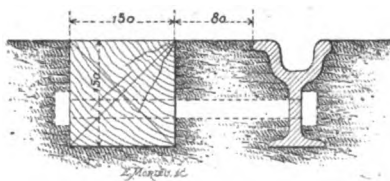
» Chaque voiture recevant le courant par trolley porte deux moteurs série type Thury de 20 à 25 chevaux et fonctionnant en parallèle.

» Pendant les fortes descentes les moteurs fonctionnent comme générateurs et travaillent sur des résistances placées à la partie supérieure de la voiture ; dans la pente de 113^{mm}, à la vitesse maxima de 6^{km} à 7^{km}, ces résistances absorbent 20 kilowatts ; le frein électrique permet de régler la vitesse ; la montée de cette pente se fait à une vitesse de 12^{km} à 15^{km} à l'heure, la puissance développée sur les essieux atteint 45 kilowatts.

» Les voitures fonctionnant sur cette pente sont en outre munies d'un frein à vis comportant 8 sabots et d'un frein mécanique de sûreté.

» Ce dernier consiste en 4 sabots dentés ; un simple déclenchement provenant de l'avant ou de l'arrière suffit pour faire agir sur chacun de

Fig. 11.



Rail et longrine.

ces sabots un ressort tendu à 500^{kg} ; les sabots s'abattent sur deux longrines disposées parallèlement aux rails et provoquent un arrêt rapide de la voiture.

» Les longrines en sapin sont de section carrée (*fig. 11*) et sont

fixées aux rails par des boulons; les quatre faces servent successivement; la durée moyenne de ces longrines est de trois ans.

» L'éclairage des voitures est assuré par 5 lampes à incandescence montées en série.

» Le chauffage est également électrique.

CHAPITRE VIII.

TABLEAUX DE DISTRIBUTION ET APPAREILLAGE.

» On peut dire que, d'une façon générale, ce qui frappe tout d'abord à la vue des tableaux de connexion et de distribution, c'est la simplicité de l'agencement en même temps que la facilité avec laquelle on voit de suite la destination de chacun des panneaux. Les constructeurs ont réduit le nombre des appareils au strict nécessaire et l'on suit sans difficulté les divers circuits.

» Cette simplicité d'apparence s'explique aisément : tous les tableaux, dans les stations centrales du moins, sont à caisson. Les appareils à haute tension étant volumineux et d'une manipulation dangereuse, il était prudent de les placer hors de la portée directe des ouvriers. Aussi n'apparaissent, faisant saillie sur le marbre, que les manettes des commutateurs et les volants de manœuvre des rhéostats. Les appareils eux-mêmes sont montés derrière le marbre dans le caisson du tableau ainsi que les bancs de connexion ou de distribution. Un corridor est ménagé entre le mur de fond et la face arrière du caisson, qui permet l'accès aux appareils et aux connexions en vue des réparations à effectuer.

» En outre, il y a une tendance manifeste à ne munir les tableaux que des appareils de mesure ou de sécurité strictement nécessaires; c'est ainsi qu'on semble n'employer qu'avec grande circonspection les appareils à enclenchement ou à déclenchement automatique dont le fonctionnement n'est pas toujours d'ailleurs exempt de reproches et qui souvent n'interviennent que trop tard.

» Dans la construction des appareils eux-mêmes, c'est aussi le

souci de la simplicité robuste et économique que nous trouvons encore.

» Le schéma des tableaux ne présente rien de particulier; à chaque alternateur est attribué un panneau comportant, à la partie inférieure, à portée de la main, les volants de manœuvre des rhéostats d'excitation de l'excitatrice et de l'alternateur; au-dessus, les manettes d'interrupteur de circuit et de lecture, puis les appareils de mesure pour l'excitatrice et l'alternateur et les indicateurs de phases optiques ou acoustiques, ou encore l'un et l'autre. Une des moitiés du tableau est réservée à la distribution, et, s'il s'agit de courants polyphasés, on réserve un panneau pour chacune des phases, ou un panneau par feeder s'il s'agit de distribution en série continue à haute tension.

» Nous n'étudierons que ce qui peut présenter quelque originalité en passant en revue rapidement les dispositions prises dans chaque station ou atelier en tant qu'appareillage. Les organes mécaniques, les machines électriques et hydrauliques étant étudiés par ailleurs.

» Dans les ateliers de la Compagnie de l'Industrie électrique à Genève, nous avons remarqué un rhéostat de démarrage double (*fig. 12*) dont l'agencement nous semble heureux. Il se compose en

Fig. 12.

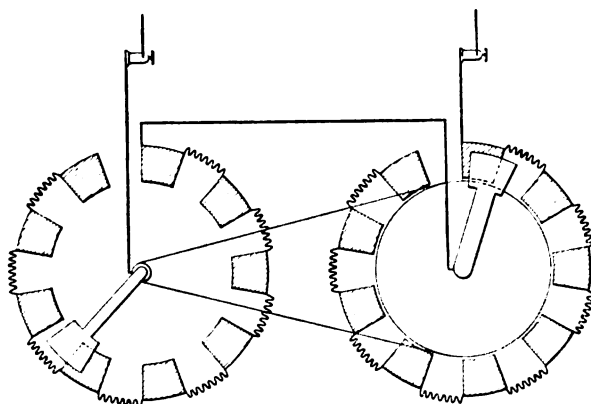


Schéma d'un rhéostat à variation lente.

réalité de deux rhéostats et les frotteurs sont doubles. Les mouvements de rotation des deux doigts frotteurs sont combinés de telle façon que l'un d'eux, par un mouvement de rotation, introduise

successivement toutes les résistances de l'un des rhéostats dans le circuit avant que l'autre avance d'un plot. Les résistances de ce premier rhéostat sont donc toujours automatiquement intercalées entre deux valeurs successives de résistances du second, permettant ainsi de faire varier graduellement la résistance du circuit et non par bonds successifs, comme cela a lieu quand on passe d'un plot à l'autre dans un rhéostat ordinaire.

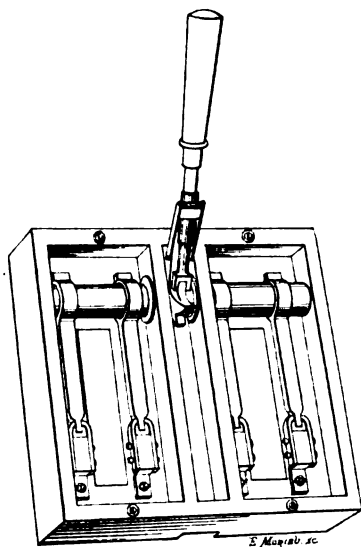
» Les avantages au point de vue du réglage et de la diminution des étincelles de rupture sont évidents.

» A l'usine de Chèvres, les interrupteurs et disjoncteurs sont des modèles construits par la Compagnie de l'Industrie électrique.

» Nous citerons plus particulièrement :

» 1° Les interrupteurs bipolaires à haute tension (*fig. 13*), dans

Fig. 13.



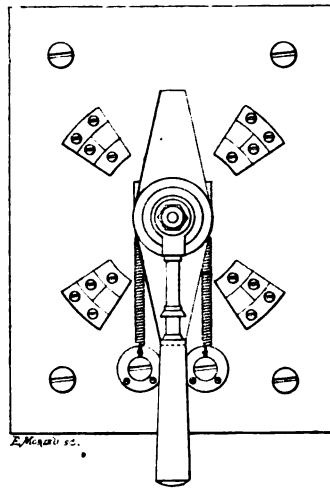
Interrupteur pour courant alternatif.

lesquels les deux pôles sont nettement séparés par des cloisons isolantes. Dans la poignée de la manette est un ressort puissant qui fait pompe et appuie une platine métallique articulée pour augmenter le bras de levier sur le méplat correspondant d'une came fixée sur l'axe de rotation des couteaux de l'interrupteur. Par un déplacement angulaire faible de la manette, on obtient la rupture d'autant plus brusque que le ressort est plus énergique et fait un

effort plus violent, tendant à arracher les couteaux des mâchoires de contact.

» C'est aussi par l'action de deux ressorts conjugués, qui sont bandés dans le mouvement de rotation d'une came double à deux têtes, qu'on obtient la rupture rapide dans les commutateurs à plusieurs directions (*fig. 14*), ou dans les interrupteurs doubles pour tensions moyennes.

Fig. 14.



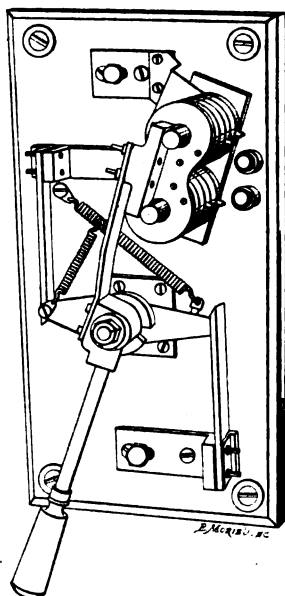
Commutateur à plusieurs directions.

» Nous citerons encore le disjoncteur automatique (*fig. 15*), employé chaque fois que l'inversion du courant crée un danger pour une machine ou un appareil. Il est constitué par un électro à palette en dérivation sur le circuit principal et un interrupteur ordinaire aux ressorts spiraux et lames antagonistes; on en conçoit aisément le fonctionnement et la figure indique nettement les divers organes.

» Pour les rhéostats de démarrage, cette même Société de construction a adopté la commande par vis sans fin. La manette de contact se déplaçant sur les plots est munie à son autre extrémité d'un secteur denté qui engrène sur une vis sans fin réversible afin de permettre le mouvement dans les deux sens. Le mouvement est donné sur la vis à l'aide d'un volant ou d'une manette. Cette disposition a l'avantage de prolonger à dessein la manœuvre du rhéostat suffisamment divisé lui-même, afin d'amener graduellement l'inten-

sité du courant à sa valeur de régime au moment de l'établissement du courant dans une machine.

Fig. 15.



Disjoncteur automatique.

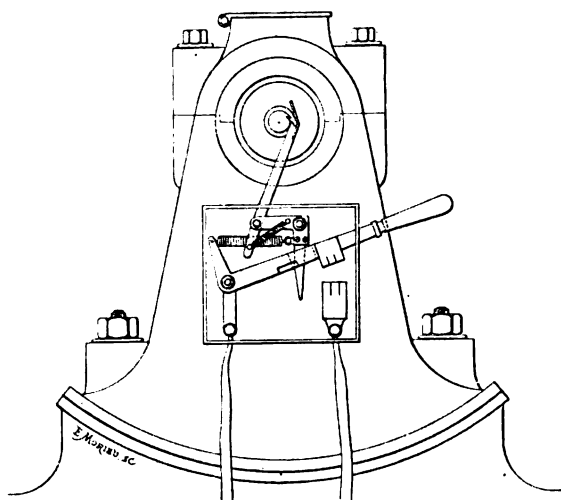
» A l'usine de Vevey-Montreux, nous ne trouvons au tableau que des dispositions et des appareils connus. Il convient de citer toutefois les parafoudres de protection des machines. Ces appareils sont formés de deux cylindres jumelés en métal dont l'un est relié à la ligne et l'autre à la terre. Toute la périphérie des cylindres est garnie de dents placées en quinconce et en alliage de laiton très doux et facilement fusible. La décharge atmosphérique traverse le parafoudre sans affecter la machine qui, par comparaison, constitue un ensemble beaucoup plus résistant. L'étincelle jaillit entre les dents qui fondent plus ou moins et la décharge se perd à la terre.

» Comme cette station comporte une batterie tampon d'accumulateurs Tudor de deux cent quarante-six éléments avec un grand nombre d'unités de réglage, cent quinze environ, on a prévu dans l'installation un commutateur réducteur à commande automatique très important.

» Comme nous retrouvons ce même appareil dans diverses installations, nous y reviendrons en détail plus loin.

» Au Val-de-Travers, à la Chaux-de-Fonds, dans la station centrale génératrice et dans les sous-stations transformatrices, nous retrouvons le matériel système Thury. Il convient de signaler un appareil de protection dont sont munies les dynamo-génératrices qui sont des dynamos avec excitation en série comme on sait. L'appareil est un disjoncteur mécanique (*fig. 16*) qui, par un déclen-

Fig. 16.



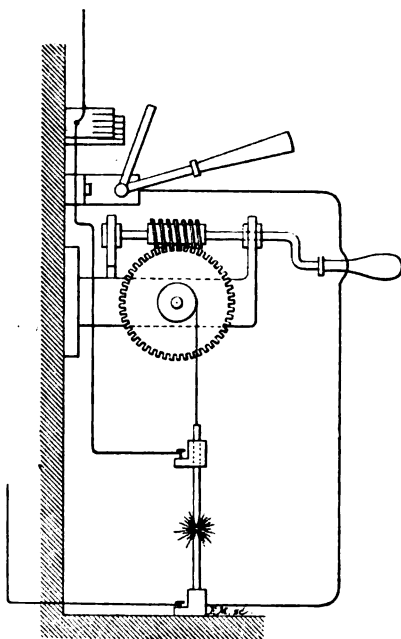
Disjoncteur mécanique.

chement, met en court-circuit la dynamo au cas où, pour une cause quelconque, elle tend à tourner en sens inverse; on prévoit ainsi tout désamorçement. Le croquis indique le principe : un levier d'interrupteur à couteau porte entre son point d'articulation et le couteau une mortaise dans laquelle peut venir s'engager une lame avec cran d'arrêt. Cette lame fait partie d'un système de leviers dont l'ensemble peut se déplacer sous l'action d'une came solidaire de l'axe de rotation de la dynamo. Quand la languette est en prise dans la mortaise, l'ensemble se trouve armé et maintenu en place par des ressorts. Si la machine tourne en sens inverse, la came vient buter contre la portée, fait basculer le tout et dégage la languette; le levier et son couteau sollicités par un ressort quittent la mâchoire de contact, isolant ainsi la machine de la ligne.

» A Wynau on a installé huit alternateurs de 650 chevaux chacun, qu'excitent deux excitatrices de 100 kilowatts. Il était nécessaire

de prendre des précautions spéciales pour couper une excitatrice, les inducteurs donnant à ce moment un courant de self énorme. L'interrupteur étudié spécialement dans ce but nous a semblé intéressant. La rupture est faite en deux points; l'étincelle se produit entre pointes de charbon; dès qu'on les écarte, un arc s'allume dont la résistance augmente avec la distance entre les charbons. La manœuvre de la manette à vis fait précisément croître, lentement, l'écartement entre porte-charbons jusqu'à extinction totale de l'arc. L'extra-courant produit son effet sur les charbons, il n'y a plus aucun inconvénient à manœuvrer le petit interrupteur à frotteurs en cuivre. Le schéma ci-contre (*fig. 17*) indique le principe de la disposition.

Fig. 17.



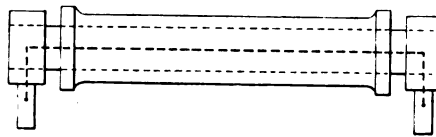
Interrupteur à deux ruptures.

» Les appareils à haute tension méritent une attention particulière.

» Les coupe-circuits sont le plus souvent constitués par deux tubes concentriques en porcelaine (*fig. 18*) laissant entre eux une gaine d'air; le tube intérieur est rempli de talc au milieu duquel on a placé le ou les fils en alliage fusible et fermé complètement aux

deux bouts par un scellement isolant approprié. Le fil fusible est soudé aux extrémités à deux bagues en cuivre munies de couteaux et montées sur le tube aux deux bouts. Le tube extérieur a la forme d'une bobine et sert de poignée, les joues protègent la main de l'opérateur quand on vient de mettre en prise les couteaux, dans les mâchoires correspondantes.

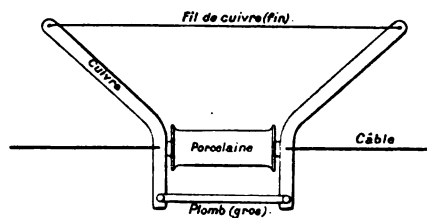
Fig. 18.



Coupe-circuit à haute tension.

» Les coupe-circuits doubles du matériel Brown-Boveri sont intéressants : ils comportent (*fig. 19*) à la partie inférieure un fil de plomb gros et court, à la partie supérieure un fil de cuivre long et fin : lorsque l'intensité de courant augmente, le plomb fond d'abord

Fig. 19.



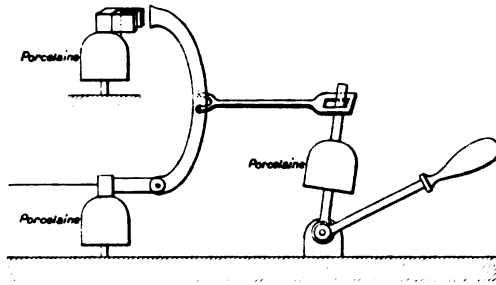
Coupe-circuit du primaire d'un transformateur.

sans que l'arc puisse s'établir, puisque le cuivre n'est pas coupé, puis le cuivre se volatilise, et l'arc est immédiatement détruit par la grande distance des deux points d'attache. Il est nécessaire de déterminer soigneusement par l'expérience le rapport des diamètres à donner aux deux fils.

» Les interrupteurs multipolaires sont de deux sortes : à rotation ou bien jumelés avec cloisons d'ardoise entre deux pôles. Dans les deux cas, l'appareil est tout entier derrière le tableau, la manette de commande est seule apparente. Les pièces métalliques, couteaux, mâchoires, leviers, sont toujours montées sur tiges scellées dans des cloches en porcelaine et, par conséquent, isolées de la masse. Notre

croquis (*fig. 20*) indique les parties essentielles d'un interrupteur bipolaire pour 8000 volts pour un pôle.

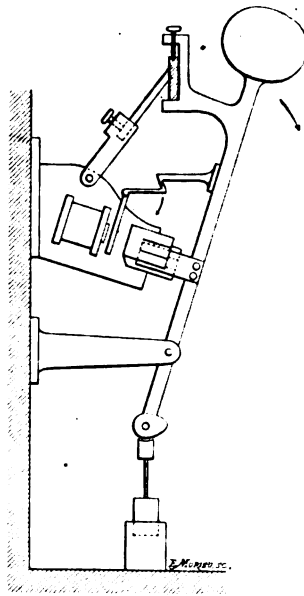
Fig. 20.



Interrupteur à haute tension 8000 volts.

» Les disjoncteurs automatiques que nous avons vus n'offrent rien de particulier; le modèle que nous avons remarqué à Zurich (*fig. 21*)

Fig. 21.



Interrupteur-disjoncteur.

offre cependant certains avantages. Comme dans tous les appareils similaires, la rupture est provoquée par le jeu de la palette d'un électro qui, attirée, rend libre le levier portant les couteaux. L'axe de rotation de ce dernier étant placé très bas par rapport au centre

de gravité du système, le tout est entraîné par le poids, bascule et rompt le contact.

» L'appareil en question a l'avantage d'une double rupture, cuivre sur cuivre et charbon sur charbon. Les contacts en charbon sont formés de lames amovibles, que l'on peut aisément remplacer quand les étincelles les ont détériorées. Un amortisseur à air et des ressorts de rappel complètent l'appareil.

» C'est aussi à l'usine des tramways de Zurich que nous avons pu voir d'un peu près le réducteur automatique pour accumulateurs dont il a été parlé déjà, et c'est par la description de son principe que nous terminons cette étude.

» L'appareil est une véritable machine, d'encombrement très notable, $1^m, 20 \times 1^m, 20$ sur $0^m, 80$ environ. Le nombre des plots introduisant les éléments de réduction dans le circuit est le plus souvent d'une centaine. La manette porte à une extrémité le frotteur, à l'autre un contre-poids d'équilibre. Elle est solidaire d'une roue dentée comportant autant de dents qu'il y a de plots dans l'appareil. Un cliquet est en prise avec les dents. La chape du cliquet est solidaire d'un système de bielles qui sont actionnées par le noyau d'un électro puissant. Les choses sont disposées de façon telle que le cliquet ne puisse faire avancer le rochet que d'une dent, et d'une seule, ceci grâce à un dispositif accessoire de sécurité (une fourche vient buter sur un mentonnet que porte le cliquet et le met en prise avec la dent suivante).

» La commande est automatique. Un relai est monté en dérivation sur le circuit général. La palette a un prolongement qui peut venir faire contact sur un plot et fermer ainsi le circuit des électros de commande d'un basculeur à mercure; enfin les oscillations de ce basculeur lui-même établissent ou rompent le courant dans les électros à pompe qui actionnent tout le mécanisme. L'appareil est double le plus souvent et comporte deux rochets, deux électros symétriques dont les mouvements peuvent être accouplés ou, au contraire, indépendants et incompatibles si l'on a une deuxième couronne de plots et que le réducteur doive fonctionner, tantôt comme réducteur de charge, tantôt comme réducteur de décharge.

CHAPITRE IX.

LES ATELIERS DE CONSTRUCTION.

» Nous avons eu le plaisir de visiter les ateliers de construction suivants : ceux de la Compagnie de l'Industrie électrique (Thury), à Sècheron-Genève; de Brown-Boveri, à Baden; d'OErlikon, dans la localité de ce nom.

» Ces visites n'ont naturellement pas eu le même caractère que celles faites aux stations centrales; si nous étions tous attentifs aux explications données clairement et abondamment par les aimables ingénieurs qui nous dirigeaient, nul ne se serait permis de les fixer sur le papier; la discrétion, la crainte d'interprétation donnant à nos visites un but trop intéressé nous ont naturellement fixé notre conduite.

» Nous ne croyons pas dévier de cette voie en désirant joindre à ce rapport les souvenirs saillants de ces visites.

» Ils ne peuvent constituer, d'ailleurs, un ensemble ne serait-ce qu'apparent; ils se présentent à la suite les uns des autres dans l'ordre qui nous a paru le plus logique et accompagnés de croquis dont il ne faut voir que le principe, puisque c'est à la mémoire que nous avons fait appel pour les reconstituer. La visite, malheureusement trop hâtive, des beaux ateliers de la Compagnie de l'Industrie électrique faite le matin même de notre arrivée à Genève et après une nuit de voyage nous a laissé trop peu de documents pour que nous les transcrivions ici. Nous parlerons seulement de Baden et d'OErlikon.

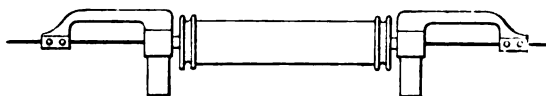
I. — Ateliers Brown-Boveri, à Baden.

» *Force motrice.* — Les Ateliers Brown-Boveri reçoivent l'énergie électrique d'une usine utilisant une chute de la Limmat et produisant un courant diphasé à 1000 volts; à Baden, une machine à vapeur de réserve peut actionner un alternateur qui, par moments, est couplé avec la ligne générale (un second groupe analogue de réserve

était en montage lors de notre passage); des transformateurs ramènent la tension de 1000 à 110 volts.

» Sur la ligne à haute tension, les coupe-circuits servent d'interrupteurs; ces coupe-circuits (*fig. 22*) sont formés d'un fil d'étain

Fig. 22.



Coupe-circuit pour haute tension.

enfermé dans un cylindre en porcelaine; ce fil, par l'intermédiaire de fils de cuivre auxquels il est soudé, communique électriquement avec deux mâchoires en cuivre de contact. Lors de la fusion d'un fil d'étain, l'air contenu dans le cylindre en porcelaine est brusquement dilaté, et le mouvement de ses molécules suffit pour éteindre l'arc formé.

» La distribution de l'énergie électrique aux Ateliers, tant en force motrice qu'en éclairage, présente une particularité qu'il est intéressant de signaler; au début de l'installation, les moteurs des ponts roulants, sans résistances de démarrage, montés directement sur la distribution, produisaient, lors des démarrages, un courant dévauté considérable, et les lampes baissaient; on a évité cet inconvénient en utilisant un moteur diphasé pour entraîner une génératrice triphasée alimentant uniquement les moteurs des ponts roulants; le courant dévauté produit fait simplement varier le débit de la génératrice triphasée sans amener de perturbations notables dans le réseau général diphasé, puisque la puissance réelle demandée est peu importante.

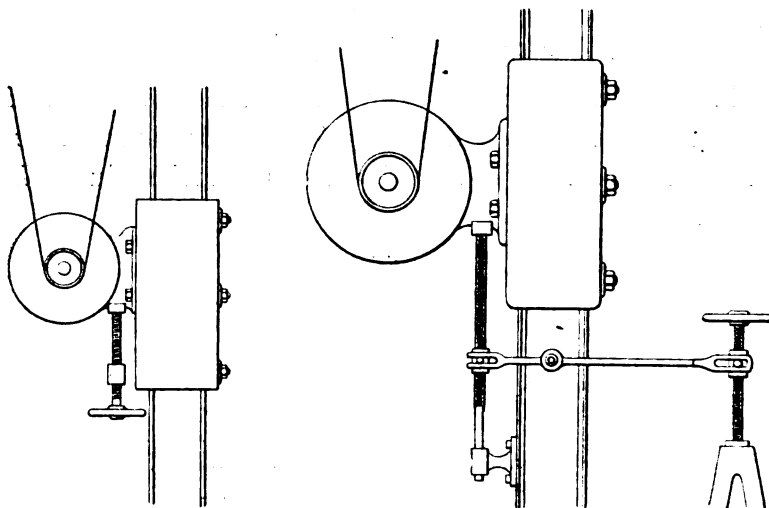
» *Machines-outils.* — L'outillage moderne des ateliers nous a vivement intéressés; nous avons surtout remarqué le grand nombre de tours où l'outil est fixe et la pièce travaillée mobile autour d'un axe vertical. La commande électrique des transmissions et des machines, si à l'ordre du jour actuellement, est utilisée de bien des manières.

» Pour transmissions, le moteur est, en général, fixé sur glissières appliquées sur un poteau métallique; cette solution, tout en laissant disponible le sol entier de l'atelier, permet de conserver les

avantages de l'attaque des arbres par courroies et laisse le moteur dans des régions facilement accessibles; enfin il présente l'avantage de pouvoir à volonté régler la tension de la courroie de commande; à cet effet, le moteur, s'il est petit, est mobile verticalement, grâce à une vis qu'un volant permet de manœuvrer (*fig. 23*); s'il est important, cette commande se fait par l'intermédiaire d'un levier (*fig. 24*).

Fig. 23.

Fig. 24.

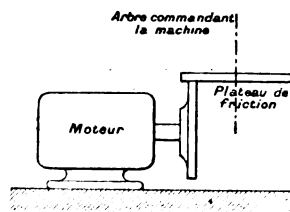
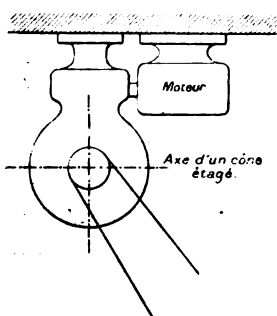


Commande électrique de transmissions.

» Comme commande individuelle de machines-outils, citons un moteur (*fig. 25*) fixé à une poutre supérieure et dont l'arbre muni

Fig. 25.

Fig. 26.



Commande électrique d'un tour.

Commande électrique d'une machine à bobiner.

d'une vis sans fin attaque la roue dentée (dans un bain d'huile)

d'un arbre portant un cône étagé commandant un gros tour par courroie.

» Mentionnons également un petit moteur (*fig. 26*) fixé sur le sol et actionnant, au moyen de plateau et roue de friction, un petit tour à bobiner.

» *Construction.* — Les Ateliers de Baden construisent sur une grande échelle les machines génératrices ou motrices relatives aux courants polyphasés.

» Les moteurs à champ tournant, à induit en cage d'écureuil, présentent un mode original d'entraînement de l'induit; un croisillon à trois branches est forcé dans le cylindre intérieur du fer induit, et l'entraînement est assuré par des boulons isolés dont le logement est pris, moitié sur les tôles, moitié sur les branches du croisillon (*fig. 27*).

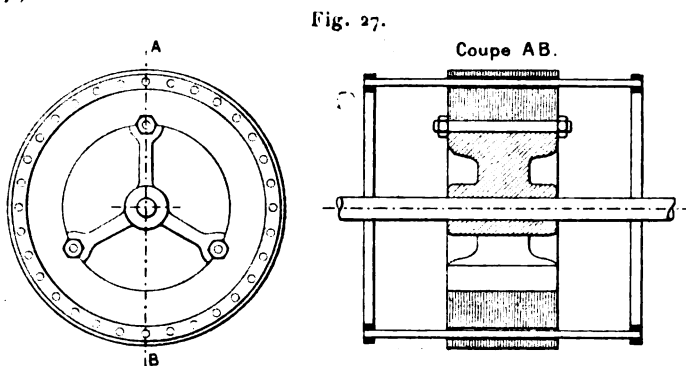


Fig. 27.

Induit en cage d'écureuil.

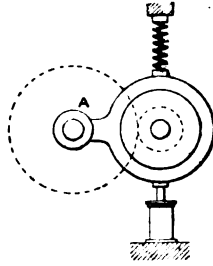
» Les barres de cuivre de l'induit, isolées du fer au moyen de carton, débordent très notablement, de part et d'autre, la masse de fer feuilleté avant d'être réunies par les couronnes conductrices; cette disposition assure un meilleur refroidissement.

» Une application intéressante de ces petits moteurs est celle faite à la commande des métiers à tisser; ces moteurs sont soutenus d'une part par l'arbre A du métier commandé par des engrenages (*fig. 28*) et, d'autre part, par une suspension mobile formée d'un ressort et d'un petit cylindre à air comprimé; le moteur jouit ainsi d'une certaine mobilité qui évite les à-coups dangereux.

» Dans un autre ordre d'idées, nous signalons le principe d'un appareil de mise en marche des moteurs de tramways; cet appareil a

simplement pour but d'assurer, lors de la mise en marche d'un moteur, l'envoi du courant d'abord dans l'inducteur, puis dans l'induit et lors de l'arrêt l'interruption du courant dans l'induit, puis dans l'inducteur.

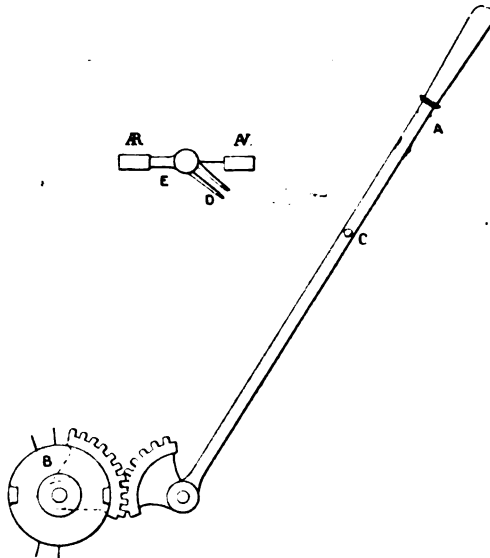
Fig. 28



Moteur de métier à tisser.

» A cet effet, le levier de manœuvre A (fig. 29) commande, au moyen de secteurs dentés, un cylindre isolant muni de touches con-

Fig. 29.



Appareil de mise en marche de moteur de tramways.

ductrices B jouant le rôle des touches d'un interrupteur; ce commutateur commande l'induit.

» Le même levier A est muni d'un bouton G qui, attaquant une

rainure D, détermine le basculement d'une pièce E formant commutateur pour l'inducteur.

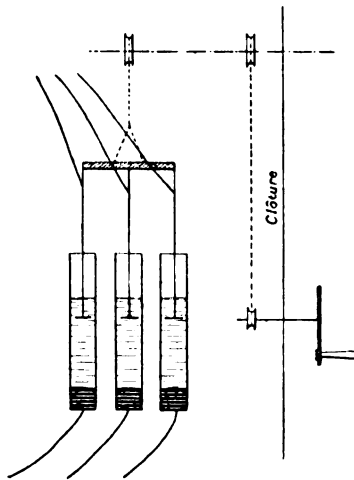
» On conçoit qu'un tel système assure les manœuvres dans l'ordre précité et pour les deux sens de marche.

» Continuant à effeuiller nos souvenirs dans l'ordre sous lequel ils se présentent, nous signalerons la méthode employée pour le séchage des transformateurs à haute tension. On envoie un courant qui porte les bobines à 50° , le transformateur étant dans un espace clos où l'on fait un vide de 65^{cm} au moyen d'une pompe à tiroir. Dans ces conditions, un fort transformateur, après un séjour de quatre jours, abandonne un décilitre d'eau.

» Ce procédé a remplacé l'ancien, qui consistait en un séchage dans l'huile à 125° et qui diminuait la valeur de l'isolant au point de vue mécanique.

» Nous avons également remarqué un interrupteur pour moteur triphasé puissant (*fig. 30*); pour chaque phase, une tige métallique

Fig. 30.



Interrupteur rhéostat pour moteur triphasé.

vient plonger dans du mercure au-dessus duquel il y a de l'eau; l'appareil forme, en réalité, rhéostat; un interrupteur ordinaire lui est, d'ailleurs, adjoint; ce rhéostat, enfermé dans une cabine, est manœuvré de l'extérieur au moyen de manivelle, chaîne et crémaillère empêchant une manœuvre trop brusque.

» Nous signalerons, en terminant, la construction dans les Ateliers Brown-Boveri de puissants alternateurs de 2200 chevaux, 180 tours, fréquence 42, qui donneront directement une tension voisine de 12 000 volts et qui sont destinés à une station centrale voisine de Milan; le prix de chacune de ces machines est d'environ 50 000^{fr}.

II. — Ateliers de construction Ærlikon.

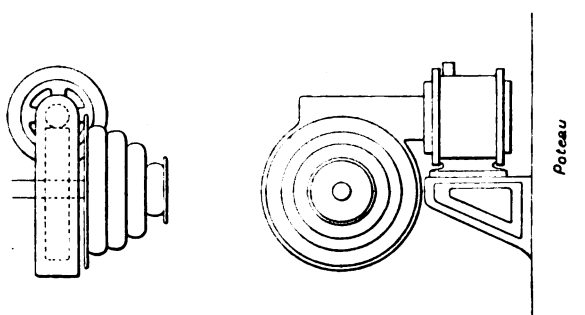
» *Force motrice.* — Une usine génératrice, située à 22^{km}, utilise une chute d'eau au moyen de 3 turbines; ces turbines actionnent des alternateurs triphasés à 70 volts; des transformateurs élèvent la tension à 13 000 volts, et le courant est amené aux ateliers par un fil de 4^{mm},5 de diamètre; ce courant passe dans les primaires de transformateurs réducteurs, dont les secondaires alimentent les appareils d'utilisation : environ 1600 lampes et une cinquantaine de moteurs.

» A l'usine, il existe, en outre, 7 chaudières et 9 machines à vapeur.

» La puissance utilisée est d'environ 900 chevaux.

» *Ateliers.* — Une petite locomotive électrique, comportant un seul moteur à courant continu, assure le service sur la voie de raccordement de l'usine au chemin de fer.

Fig. 31.



Commande électrique d'une machine-outil.

» Une voie combinée, à écartement normal et étroit, d'un développement de 4^{km}, dessert les divers dépôts et ateliers; une grue électrique peut circuler dessus.

» Les ateliers sont commandés électriquement; toutes les machines importantes ont un moteur individuel qui, en général, attaque un cône étagé par vis sans fin et roue hélicoïdale (*fig. 31*).

» La machine-outil qui nous a le plus frappé est un tour à axe vertical; la seule partie mobile est un grand bras horizontal d'environ 3^m de longueur et portant l'outil à son extrémité; ce bras se meut avec une plate-forme circulaire qui glisse sur des galets.

» *Alternateurs en fabrication.* — Ces alternateurs, dits *type OErlikon*, sont à fer tournant. La partie extérieure de ces générateurs est une couronne (*fig. 32*) en acier coulé formant carcasse. C'est à

Fig. 32.

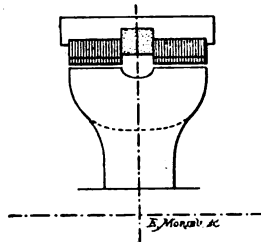


Schéma d'un alternateur d'OErlikon.

l'intérieur de cette couronne, au milieu et suivant un plan perpendiculaire à l'axe, que vient se placer la bobine excitatrice dans un support en bronze, maintenu par des encoches ménagées à cet effet. De chaque côté de cette bobine est ajusté, à l'intérieur de la carcasse, un anneau en fer doux laminé et feuilleté, qui contient, près de sa surface interne, des évidements dans lesquels sont disposés les enroulements induits.

» La partie mobile (*fig. 33*), en acier coulé, a la forme d'un volant denté.

» Dans les grandes machines (*fig. 34*), la partie intérieure est une roue en fonte dont les rayons supportent la couronne d'acier extérieure.

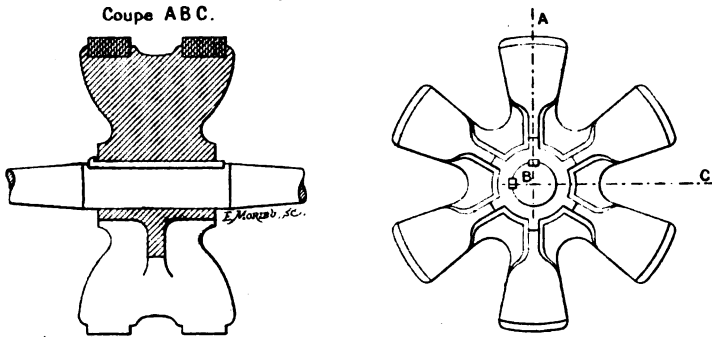
» Les dents du volant, qui constituent les pièces polaires, sont formées par des paquets de fer laminé.

» *Moteurs triphasés.* — La construction des moteurs triphasés est une spécialité des ateliers OErlikon, qui ont reconnu en ces moteurs de grandes commodités d'emploi.

» Signalons que, pour les petits moteurs triphasés, la cage d'écu-

reuil habituelle, formée de barres massives réunies par deux couronnes de cuivre, est remplacée souvent par un bobinage en fil nu fait sans aucune précaution d'enroulement et recouvert, une fois

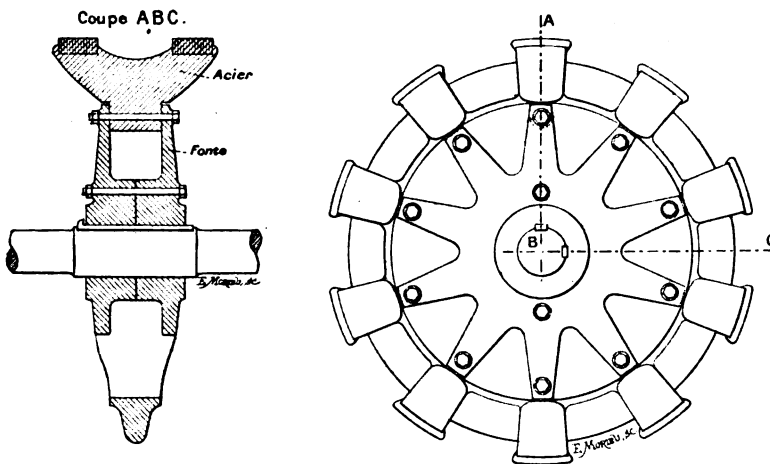
Fig. 33.



Partie tournante d'un alternateur de 70 chevaux.

terminé, d'une simple couche de vernis; cette construction est plus économique que l'ancienne, et le *rotor* ainsi constitué présente moins d'impédance.

Fig. 34.



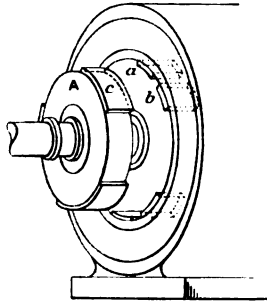
Partie tournante d'un alternateur de 300 chevaux.

» Les moteurs triphasés d'une certaine puissance à induit bobiné comportent ou non des bagues destinées à l'intercalation de résistances additionnelles lors du démarrage.

» Les moteurs munis de bagues présentent la particularité suivante : les bagues et balais ne servent que lors du démarrage; en

marche normale, ils ne fonctionnent pas; à cet effet, les extrémités des enroulements de chaque phase sont reliées à deux blocs conducteurs a , b (*fig. 35*); une pièce A, tournant avec l'arbre, mais

Fig. 35.



Moteur triphasé. — Schéma de la mise en court-circuit après démarrage.

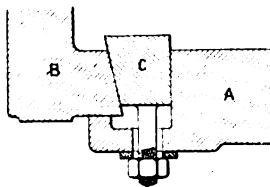
pouvant se déplacer suivant l'axe, porte, en regard de a et b , un bloc c isolé.

» Lorsque l'intensité du courant a atteint celle correspondant à la marche normale, il suffit, au moyen d'une fourche commandée par un levier, de rapprocher la pièce A du moteur pour que c vienne mettre en court-circuit a et b ; au moyen d'un dispositif fort simple, on peut alors relever les balais de dessus les bagues et supprimer ainsi les inconvénients inhérents à l'emploi de ces organes.

» Les moteurs possédant un entrefer très faible, un dispositif spécial assure le centrage de l'induit.

» A cet effet (*fig. 36*), la pièce A portant un palier n'est réunie

Fig. 36.



Moteur triphasé. — Centrage de l'induit.

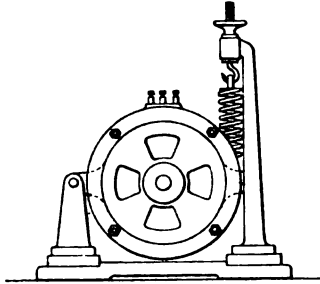
à la partie fixe B du moteur que par l'intermédiaire de quatre pièces C formant chacune un quadrant de couronne et de section trapézoïdale; chacune de ces pièces est mobile au moyen de bou-

lons; chacune forme coin et permet, par conséquent, le réglage en question.

» *Applications.* — Comme application de moteurs triphasés, signalons :

» La commande de métiers à tisser avec moteur en partie suspendu (*fig. 37*);

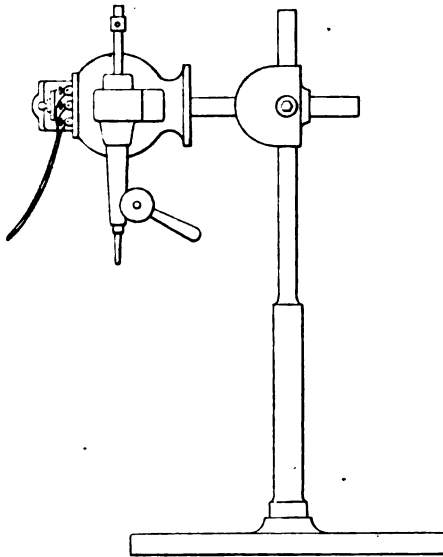
Fig. 37.



Moteur triphasé pour commande de métiers à tisser.

» La petite perceuse (*fig. 38*), dont le moteur sert en même

Fig. 38.



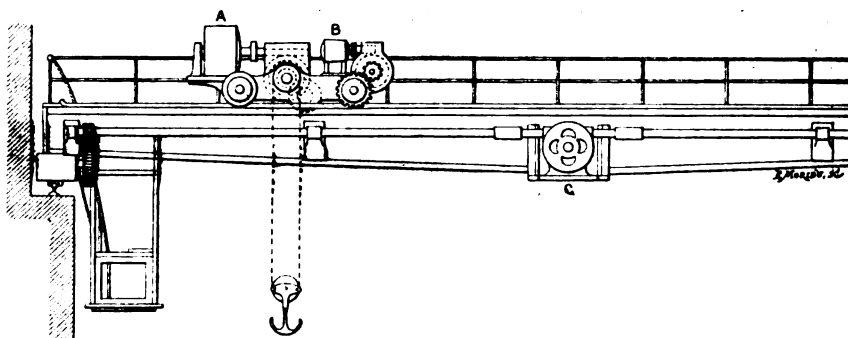
Petite perceuse à commande électrique par un moteur à courants triphasés de $\frac{1}{4}$ de cheval.

temps de porte-outil; le moteur est pourvu d'un commutateur de pôles donnant la marche, l'arrêt et réglant la vitesse ;

» Un pont roulant électrique (*fig. 39*), où les moteurs A, B, servant au levage et à la translation suivant le pont du fardeau,

sont portés par le chariot mobile, et où le moteur C, commandant

Fig. 59.



Pont roulant électrique à courant continu.

le déplacement du pont tout entier, est à poste fixe au milieu de la poutre de ce pont.

CHAPITRE X.

ÉLECTROCHIMIE.

Usine de carbure de calcium à Langenthal.

» Le carbure de calcium est déjà à un prix peu élevé, la consommation en est assez irrégulière; aussi les usines de production sont-elles, en général, très simples, établies avec le moins de frais possibles. L'usine de Langenthal se compose de trois étages; au niveau du sol sont les concasseurs et broyeurs qui brisent et pulvérisent les matières premières, ainsi que le carbure produit qui est seulement concassé en morceaux triés de grosseur au moyen de tamis. Au premier étage, se fait le mélange de chaux et de charbon, les deux substances étant réduites en poudre fine, montées à cet étage et dosées mécaniquement au moyen de chaînes à godets. Le mélange passe plusieurs fois dans des caisses où il est brassé au moyen de vis hélicoïdales et rendu homogène; il est ensuite élevé à la partie supérieure d'où il redescendra dans les wagonnets. Les fours sont simples, composés d'une enveloppe en briques réfractaires, dont le rôle consiste simplement à empêcher le rayonnement; l'action se produit au centre même du four dans le wagonnet qui sert à apporter le mélange,

Ceux-ci sont des wagonnets à bascule ordinaires, en tôle, garnis de briques réfractaires et de charbon, contenant environ $\frac{1}{3}$ de mètre cube, et servant d'électrode au moyen d'un contact qui se trouve en dehors du four. La seconde électrode est constituée par un gros prisme de charbon d'environ $0^m,20 \times 0^m,20$ de section, maintenu au centre du wagonnet par des chaînes.

» Un régulateur, analogue à ceux des lampes à arc, maintient le charbon à la distance voulue; on peut en outre, au moyen d'un volant, agir sur l'électrode ou arrêter l'opération; **un regard garni de mica** est ménagé à cet effet dans les parois du four.

» L'usine reçoit le courant triphasé de Wynau, les courants traversent trois transformateurs monophasés qui amènent la tension à 76 volts; chacune des phases alimente un des trois fours de l'usine et absorbe 1000 à 1500 ampères.

» L'opération terminée, le carbure est refroidi dans les wagonnets, cassé mécaniquement et enfermé dans des cylindres en fer pour le transport.

» Presque toutes les expéditions se font en Allemagne et en Roumanie.

» En terminant ce Rapport, nous tenons à adresser nos remerciements les plus chaleureux à nos hôtes de Suisse, dont nous n'oublierons pas l'excellent accueil; en particulier à M. le professeur Palaz et à M. l'Ingénieur Muret qui, on l'a vu plus haut, ont une bonne part dans la réussite de notre voyage, et à M. le professeur Weber, qui a bien voulu nous accompagner lui-même dans notre visite à l'Institut électrotechnique de l'École polytechnique de Zurich.

» Nos camarades de l'École Polytechnique de Zurich, absents par suite des vacances de Pâques, n'ont pu recevoir que par écrit nos saluts cordiaux et fraternels; nous les leur renouvelons de tout cœur.

» Des félicitations à l'Agence de voyages Robert Ruchonnet, de Lausanne, qui avait très pratiquement organisé la partie matérielle de l'excursion. »

LES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

Les examens de sortie ont eu lieu à l'École supérieure d'Électricité pendant la seconde quinzaine de juillet. Le Jury, présidé par M. Mascart, Membre de l'Institut, comprenait : MM. Hillairet, P. Janet, Pollard, L. Poincaré, Walckenaer; les projets et rapports, donnés dans l'année, au nombre de cinq, avaient été corrigés par MM. Bochet, Boucherot, Brachotte, Brunswick, Picou, E. Sartiaux. Sur quarante élèves composant la promotion de cette année, trente se sont présentés aux examens de fin d'études, et vingt-cinq ont obtenu le Diplôme.

Ce sont, par ordre de mérite :

	Note moyenne (de 0 à 20).
MM. BIGOT, Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé des Écoles nationales d'Arts et Métiers.....	18
GUÉRY	17,5
LARROZE, ancien élève de l'École Polytechnique.....	17,5
MAUDUIT, ancien élève de l'École Polytechnique.....	17,5
WITZIG, ancien élève de l'École Polytechnique.....	17,5
BOURGUIGNON, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	16,5
GAUMY.....	16,5
DUVAL, licencié ès Sciences mathématiques et physiques.....	16
PELOUX, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	16
BEAUJARD, Ancien élève de l'École centrale des Arts et Manufactures..	16
ROMEYN.....	16
COURTOIS, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	16,5
TASSAIN, Ancien élève de l'École centrale des Arts et Manufactures....	15,5
BRENOT, ancien élève diplômé de l'École des Arts et Métiers d'Angers.	15,5
DRIOLE, Ingénieur des Arts et manufactures.....	15,5
PRAT.....	15,5
HACAULT, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	15,5
VALÉRY, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	15,5
CAHEN, ancien élève de l'École Polytechnique.....	15
TÉTREL, Licencié ès Sciences mathématiques.....	15
CHARPENTIER.....	15
TCHERNOSWITOFF.....	15
SOUQUES.....	15
PAILLARD-TURENNE, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	14,5
AUBERT.....	14

Promotion 1896-1897.

KAMMERER, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	15
KREUTZBERGER.....	14

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

La tarification de l'énergie électrique (M. **G. Pellissier**), p. 395. — Étude sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs (M. **Maurice Leblanc**), p. 416.

BIBLIOGRAPHIE, p. 461.

INFORMATIONS, p. 463.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 9 novembre 1898 (1).

PRÉSIDENCE DE M. R.-V. PICOU.

La séance est ouverte à 8^h 35^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. HUGUET DE VARS, LATIMER CLARK, WELITCHKO et de M. A. DE MÉRITENS, l'un des premiers fondateurs de la Société internationale des Électriciens.

Il est donné connaissance des demandes d'admission suivantes :

MM.

Baillat (Ernest), Ingénieur électricien, Directeur des Constructions électriques de la *Maison Grammont*, à Pont-de-Chéruy (Isère). — Présenté par MM. C. Vuilleumier et P. Janet.

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

- Beandier** (Albert-Marcel), Ingénieur à la *Compagnie française d'appareillage électrique*, 2, rue de la Verrerie, à Paris. — Présenté par M. Zetter et Gaiffe.
- Bratasiano** (Constantin), 8, rue d'Hauteville, à Paris. — Présenté par MM. Chaumat et P. Aubert.
- Brillouin** (Marcel), Maître de Conférences à l'École Normale supérieure, 31, boulevard du Port-Royal, à Paris. — Présenté par MM. Violle et Abraham.
- Corsol** (Adolphe-Pierre), Chef mécanicien à la *Sucrerie centrale de Meaux*, à Villenoy (Seine-et-Marne). — Présenté par MM. Bochet et Boucherot.
- Cruise** (Edward-Gérald), Ingénieur électricien, Assoc. Inst. E. E. Londres, Ingénieur électricien à la *Mazarin Elect. Light Co Limited Espagne*, 93, Merrion-Square, W., à Dublin (Ireland). — Présenté par MM. R. Aylmer et A. Sabourain.
- Faux** (Léon), Gérant du peignage de laine à la Galopierie-sur-Anor, à Anor (Nord). — Présenté par MM. de Labausse et Brünswick.
- Ferry** (Émile-Maurice), Électricien, Mécanicien breveté de 1^{re} classe, Mécanicien aux Postes et Télégraphes (central), à Marseille, boulevard de la Major, à Marseille. — Présenté par MM. P. Rolando et A. Sabourain.
- Gaumy** (René-Marcel), Ingénieur de la Compagnie continentale Edison, 8, avenue d'Orléans, à Paris. — Présenté par MM. Raymond et P. Janet.
- Heillmann** (Josué), Ingénieur de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, avenue du Lycée, à Belfort. — Présenté par MM. R.-V. Picou et Tachard.
- Hiberty** (Alfred), Inspecteur du Matériel et de la Traction du *Chemin de fer d'Orléans*, à Ablon (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. E. Polonceau et P. Janet.
- Keller** (Albert), Ingénieur, 28, rue de Saint-Petersbourg, à Paris. — Présenté par MM. le général Sebert et Gin.
- Krakau** (Alexandre), Professeur à l'Institut électrotechnique de Saint-Petersbourg, Nowo-Issakijewskaja, 18, à Saint-Petersbourg (Russie). — Présenté par MM. P. Janet et A. Sabourain.
- Lodyguine** (Alexandre de), Ingénieur électricien, 17, rue Gassendi, à Paris. — Présenté par MM. E. Hospitalier et R.-V. Picou.
- Mauduit** (Alexandre-Maurice-Julien), Ingénieur électricien à la *Compagnie d'Électricité O. Patin*, 6, rue du Centenaire, à Puteaux (Seine). — Présenté par MM. P. Janet et Chaumat.
- Witzig** (Augustin), Ingénieur attaché à la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, ancien Élève de l'École Polytechnique, 86, rue de Monceau, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu les dons suivants pour l'École supérieure d'Électricité :

MM. SENTERRE.....	500 ^{fr}
A. HILLAIRET....	5 obligations de l'École supérieure
Un anonyme....	50 »

et en remercie les auteurs au nom de la Société.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

LA TARIFICATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

M. G. PELLISSIER. — « Messieurs, la tarification de l'énergie électrique est, par elle-même, une question vitale pour les stations centrales; elle présente, en outre, un puissant intérêt d'actualité au moment où l'on parle de prolonger la durée de concession des secteurs d'éclairage électrique à Paris et où les brevets Auer sont sur le point de tomber dans le domaine public.

» L'abaissement du prix des manchons déterminera une réduction notable des frais entraînés par l'éclairage au gaz, et, pour lutter, il nous faudra diminuer le prix de vente du courant. Cela ne sera pas un mal; personne ne songera à s'en plaindre et les électriciens seront les premiers à en profiter. On ne comprend pas assez, d'ordinaire, l'avantage qu'entraîne la vente du courant à bas prix. On a cité, par analogie, les résultats obtenus dans diverses industries, comme celles des transports, des postes; on peut aussi emprunter à l'éclairage électrique des exemples frappants.

» Ainsi, à Brighton, en Angleterre, l'usine d'éclairage électrique est exploitée par la municipalité, qui ne cherche pas à réaliser des bénéfices sur ce service public; pour elle, « l'usine est faite pour » les clients et non les clients pour l'usine »; dès que les bénéfices sont suffisants, les prix sont diminués. En 1892, le courant était vendu à raison de 73,5 centimes le kilowatt-heure. Dans les premiers mois de 1893, on appliqua le tarif réduit suivant : le prix de 73,5 centimes restait le même tant que le coefficient de consommation ne dépassait pas deux heures par jour, mais tout le courant consommé en plus était vendu à moitié prix; en 1894, la durée d'utilisation nécessaire pour obtenir le courant à prix réduit fut abaissée à une heure par jour, et les kilowatts-heures en surplus furent facturés à 31,5 centimes; enfin, au commencement de 1897, le prix de l'énergie électrique en excès d'une utilisation de une heure par jour fut réduit à 15,75 centimes par kilowatt-heure. L'année prochaine, il sera abaissé à 10,5 centimes. La moyenne

des prix payés en 1897 a été de 39,58 centimes, avec un minimum de 31,05 centimes.

» Or, la vente annuelle a suivi la progression suivante ⁽¹⁾ :

	Kilowatts-heures.
En 1892	156 000
» 1893	286 900
» 1894	583 701
» 1895	867 494
» 1896	1 388 871
» 1897 ⁽²⁾	1 992 527

» Les bénéfices qui, en 1892, n'étaient que de 300^{fr}, ont atteint 75000^{fr} en 1893, 125000^{fr} en 1894, 165000^{fr} en 1895, 258000^{fr} en 1896, 355000^{fr} en 1897.

» Chaque diminution de prix a donc amené une augmentation du trafic et des bénéfices.

» A Vienne, en Autriche, un tarif semblable a été inauguré en mai 1896; le prix du kilowatt-heure, qui était de 1^{fr},125, fut abaissé à 1^{fr} pour la première heure d'utilisation et le surplus fut vendu à raison de 62,5 centimes par kilowatt-heure. Or, voici les résultats obtenus par l'*Internationale Electricitäts Gesellschaft* : A la fin de 1895, les appareils branchés ne comprenaient que 33000 lampes de 16 bougies et 48 moteurs d'une puissance totale de 118 chevaux; à la fin de 1896, il y avait 157000 lampes de 16 bougies, 1900 lampes à arc et 163 moteurs d'une puissance totale de 585 chevaux; à la fin de 1897, il n'y avait pas moins de 200479 lampes de 16 bougies, 1974 lampes à arc et 259 moteurs d'une puissance totale de 650 chevaux.

» De tels chiffres suffisent pour démontrer ce fait que tous les directeurs de stations centrales devraient sans cesse avoir présent à l'esprit : les intérêts des abonnés et ceux des sociétés exploitantes sont tellement liés entre eux que ce qui profite aux premiers profite aux seconds.

» Toutefois, pour que la diminution de tarif entraîne une augmen-

⁽¹⁾ Ces chiffres se rapportent au nombre de kilowatts-heures vendus et non au nombre de kilowatts-heures engendrés.

⁽²⁾ Correspondant à une consommation moyenne de 17,1 kilowatts-heures par habitant et par an.

tation sensible de la consommation totale et du coefficient d'utilisation, il faut que le rabais soit assez important pour que le client cherche à l'obtenir; s'il sait, par exemple, qu'en employant l'éclairage électrique dans toutes les pièces de son appartement, en utilisant des appareils de chauffage, des moteurs, il arrive à obtenir le courant à moitié ou au quart du tarif normal, il n'hésitera pas à le faire, tandis qu'une diminution de 5 ou 10 pour 100 n'aurait pour lui qu'un intérêt insuffisant pour l'engager à faire relier un nombre de lampes supérieur à celui qui lui est strictement nécessaire.

» Une question se pose immédiatement à l'esprit : « A quelle limite inférieure doit-on arrêter cet abaissement de prix ? » La réponse est bien simple : *Tout client doit être une source de profit*. Si l'on vendait aux uns si bon marché que le contrat entraînât une perte, on serait conduit, pour rétablir l'équilibre, à vendre trop cher aux autres et l'on risquerait de perdre leur concours. Pour conserver des clients ruineux, on éloignerait les clients avantageux; calcul doublement faux.

» On est ainsi conduit à considérer tous les abonnés comme formant une sorte d'association coopérative dans laquelle chacun possède une portion de l'usine et des canalisations nécessaires pour répondre à ses exigences et doit payer une part proportionnelle des dépenses.

» Ces dépenses, comme vous le savez tous, sont de deux sortes :

» 1° Les dépenses d'exploitation comprenant les frais afférents à la génération du courant, c'est-à-dire le prix du combustible brûlé, de l'eau, de l'huile employée pour le graissage des moteurs et des dynamos, les réparations des machines;

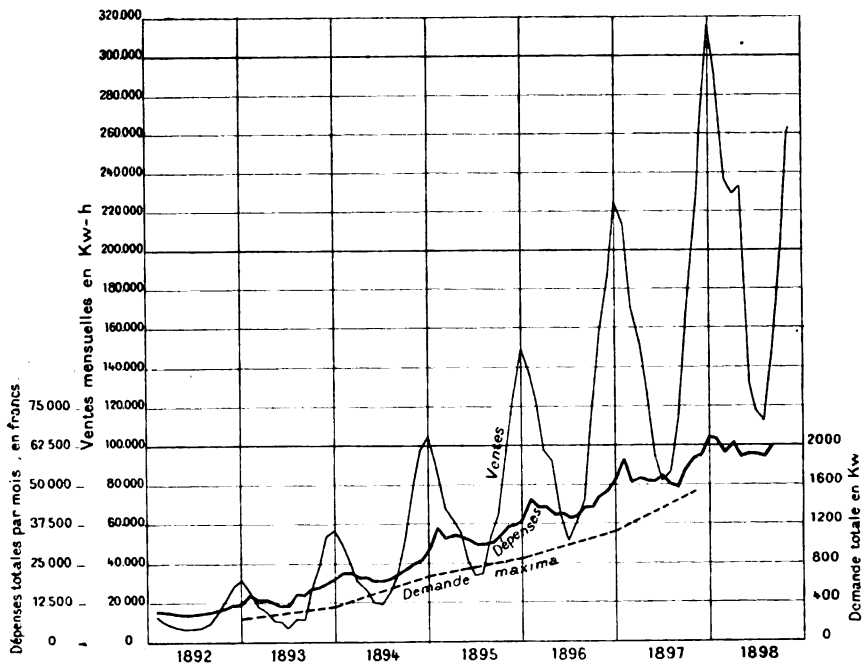
» 2° Les charges fixes qui comprennent la partie des dépenses en combustible, eau, graissage, réparations entraînées par la mise sous pression des machines et la nécessité où l'on est de faire tourner sans cesse ces machines pour être prêt à satisfaire à toute demande de courant; les réparations aux bâtiments, canalisations, compteurs; les appointements, les impôts et redevances, les assurances, les frais d'administration et de direction, l'intérêt du capital engagé, y compris les dividendes; l'amortissement, la dépréciation, les fonds de réserve.

» Les premières sont proportionnelles au nombre de kilowatts-

heures vendus; les secondes sont proportionnelles à l'importance de l'usine, c'est-à-dire à la puissance maxima qu'elle doit être en mesure de fournir pendant le cours de l'année, ce maximum ne se produit-il qu'un jour par an et pendant une heure ou quelques minutes pendant cette journée. Il faut, en effet, que la puissance des moteurs soit suffisante pour assurer ce débit et que le diamètre des canalisations soit assez grand pour livrer passage à ce courant.

» Ce n'est pas une simple conception théorique, mais un fait pratique. Si l'on trace sur une même figure (fig. 1) les courbes repré-

Fig. 1.



sentant le nombre de kilowatts-heures vendus par une usine déterminée pendant une certaine durée et aussi les dépenses totales de cette usine pendant les périodes correspondantes, on voit qu'il n'y a aucune corrélation frappante entre les dépenses et la production. Portons maintenant sur cette même figure la puissance maximum en kilowatts que l'usine a dû développer chaque année et joignons ces points par des droites; la ligne ainsi obtenue a même allure que la courbe des dépenses; cette dernière s'élève ou s'abaisse

suivant le débit correspondant en kilowatts-heures, mais elle ne s'éloigne jamais sensiblement de la dernière ligne que nous venons de tracer. Dans une même usine, les charges fixes par kilowatt de demande maximum à l'usine varient peu d'année en année bien que la puissance de l'usine augmente; elles tendent pourtant à diminuer parce que les appointements de directeurs, ingénieurs, employés divers, les frais généraux, etc., ne croissent ordinairement pas aussi vite que la puissance maximum. Mais nous verrons plus loin que les charges fixes par kilowatt de demande maximum chez les abonnés diminuent très rapidement d'année en année, par suite de l'augmentation du *coefficient de diversité* dont il sera bientôt parlé.

» Il résulte de ce que nous venons de dire que, si nous appelons W la puissance maximum, nous pourrions représenter l'énergie totale par Wt (t étant la durée exprimée en heures pendant laquelle il aurait fallu faire tourner les machines à la puissance W pour engendrer le nombre total de kilowatts-heures vendus), et que si nous appelons P le prix de vente du kilowatt-heure, a les charges fixes par kilowatt et b les dépenses d'exploitation par kilowatt-heure, on doit avoir

$$PWt = aW + bWt \quad \text{ou} \quad P = \frac{a}{t} + b.$$

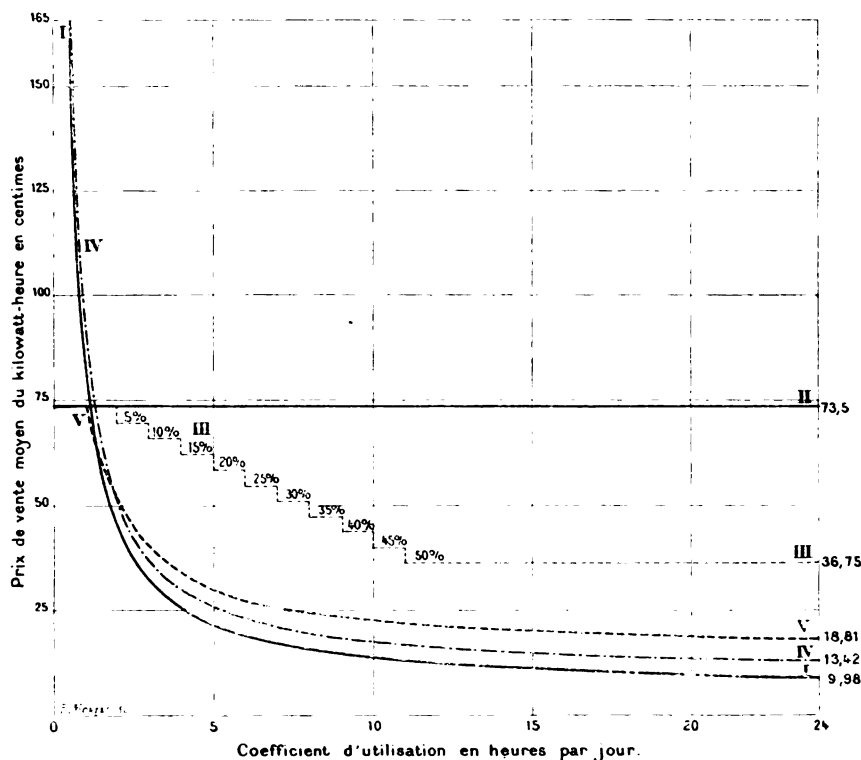
» La première équation montre que chaque client devrait payer par an une somme fixe aW , proportionnelle à la puissance maximum qu'il dépense pendant l'année, et une somme bWt proportionnelle au nombre de kilowatts-heures qu'il a dépensés pendant la même période. Elle forme la base des *tarifs composés* que nous étudierons plus loin.

» La seconde équation, qui se représente graphiquement par une hyperbole (*fig. 2*) montre que le prix du kilowatt-heure résultant d'un tarif rationnel doit être d'autant plus faible que t est plus grand.

» Cette valeur t a donc une importance considérable; elle est caractéristique du prix de revient et du prix de vente; nous la désignerons sous un nom particulier; elle constitue le *coefficient de consommation ou d'utilisation*; c'est le rapport de la consommation totale en kilowatts-heures pendant une certaine période à la demande maximum en kilowatts pendant cette même période.

» Dans une usine donnée, le nombre de lampes reliées augmente constamment ; les dernières lampes installées contribuent à accroître la charge maximum sans avoir contribué à augmenter le débit total.

Fig. 2.



Il convient donc d'adopter, pour la valeur de W dans les calculs relatifs à une période annuelle, non la valeur absolue observée pendant cette période, mais la moyenne de cette valeur et de celle obtenue l'année précédente.

» Les dépenses d'exploitation sont toujours beaucoup plus faibles que les charges fixes. Ainsi à l'usine de Brighton, en 1897, le débit total fut de 1992527 kilowatts-heures et la puissance maximum, calculée comme il est dit plus haut, de 1300 kilowatts; le coefficient de consommation t a donc été de 1533 heures par an. Les charges fixes atteignirent 545400^{fr}, soit 420^{fr} par kilowatt, et les dépenses d'exploitation 136350^{fr}, soit 6,82 centimes par kilowatt-heure.

» Dans le calcul de la part des charges fixes que chaque abonné

doit payer il y a lieu de tenir compte de ce fait que la puissance totale développée à l'usine n'est pas égale à la somme des demandes maxima de tous les abonnés, parce que ceux-ci n'emploient pas leurs lampes tous au même moment; il en résulte une meilleure utilisation, très profitable à l'usine et dont il est juste de faire profiter aussi les abonnés. Le rapport de la somme des puissances maxima de tous les abonnés à la puissance maximum à l'usine est ce qu'on peut appeler le *coefficient de diversité*. La valeur de ce coefficient varie avec l'importance de l'usine et la nature de ses abonnés; elle tend généralement à augmenter lorsque l'usine se développe parce que la clientèle comprend alors des abonnés de classes plus différentes. Voici quelles ont été ses valeurs successives dans l'usine précitée :

1887	1,0
1888	1,11
1892	1,25
1893	1,36
1894	1,54
1895	1,54
1896	1,46
1897	1,50

» On peut adopter la valeur moyenne de 1,5; chaque abonné ne devra donc payer par kilowatt de demande maximum que 66 pour 100 des charges fixes calculées d'après la puissance maximum à l'usine, soit $420 \times 0,66 = 277^{\text{fr}}$.

» Maintenant que nous nous sommes rendu compte de ce que coûte le service exigé par les abonnés, nous pouvons aborder l'étude des différents modes de tarification qui ont été proposés.

» Un tarif de vente rationnel doit avoir un but multiple :

» 1^o Favoriser le développement de l'industrie électrique; ce but ne peut être atteint qu'en abaissant suffisamment le prix de vente, ainsi que nous l'avons vu, afin de *pousser à la consommation* et de permettre à l'électricité de lutter avantageusement contre le gaz;

» 2^o Réduire le prix de revient de l'unité. Ce résultat sera une conséquence du précédent, en raison de la meilleure utilisation du matériel. A ce point de vue, il y a avantage à ce que les abonnés fassent installer le plus grand nombre possible de lampes et dans

des pièces différentes, parce qu'il y a chance, alors, qu'une partie des lampes restent allumées, tandis que les autres sont éteintes, ce qui augmente la consommation totale sans augmenter la puissance maximum ; l'emploi d'appareils utilisés à des heures différentes doit aussi être recherché. La nature de la clientèle a une importance prépondérante : on devra rechercher de préférence les catégories d'abonnés ayant un coefficient de consommation élevé. Voici, à ce sujet, les chiffres relevés à Brighton :

Durée quotidienne d'utilisation de la puissance maximum, à Brighton, en 1897.

	Nombre d'abonnés ayant un coefficient de consommation de								Durée d'utilisation moyenne.	
								Nombre total d'abonnés.		
	moins de 1 ^h par jour.	1 ^h .	2 ^h .	3 ^h .	4 ^h .	5 ^h .	6 ^h et plus.		par jour.	par an.
Magasins...	52	256	300	105	21	5	6	715	2,25	821
Appartements...	25	172	178	56	6	1	1	439	2,25	821
Hôtels et clubs...	1	1	16	27	35	12	2	94	4,37	1595
Bureaux...	40	40	15	4	2	"	3	104	1,95	712
Théâtres...	2	1	2	2	"	"	"	7	2,11	770
Hôpitaux, bains...	3	3	3	"	"	"	"	9	1,33	487
Arches...	17	2	"	"	"	"	"	19	0,45	164
Écoles, églises...	20	4	"	"	"	"	"	24	0,73	266
Éclairage public...	"	"	"	"	"	"	1	1	9,73	3551
Divers...	2	3	3	1	1	"	1	11	2,14	781
Totaux...	162	482	517	195	65	18	14	1453	2,99	1092

» 3° Établir, d'une façon équitable, la redevance de l'abonné envers la Compagnie vendeuse. Ce résultat sera obtenu si les prix payés, par chaque abonné en particulier, sont aussi voisins que possible de ceux qu'indique le calcul. Une façon simple de comparer les tarifs entre eux est de représenter par des courbes le prix payé par kilowatt-heure, dans chaque cas, pour différents coefficients de consommation et de les rapporter à la courbe type indiquée par le calcul.

» Enfin, ce tarif doit être d'une application simple et être facilement compréhensible par l'abonné.

» *Vente à forfait.* — La vente à forfait a été une des premières appliquées ; l'abonné payait une somme fixe par lampe installée et

par jour; il pouvait maintenir ses lampes allumées aussi longtemps qu'il le désirait. Ce mode de vente est aujourd'hui à peu près universellement abandonné. Il offre, en effet, de nombreux inconvénients. Loin de favoriser le développement de l'industrie électrique, il tend à le limiter en incitant l'abonné à ne faire installer que le plus petit nombre de lampes possible puisqu'il sait qu'il payera une somme proportionnelle au nombre de lampes installées. La vente à forfait prête à de nombreux abus; elle est injuste en ce qu'elle ne permet aucun contrôle et ne proportionne pas les prix payés aux services rendus.

» *Vente au compteur avec tarif unique.* — Ce mode de tarification est aujourd'hui un des plus répandus, bien que tout le monde reconnaisse ses défauts. Sa caractéristique est une droite parallèle à l'axe des temps (*fig. 2*), c'est-à-dire que le prix payé est indépendant de la durée d'utilisation, ce qui est contraire à la logique; les mauvais clients sont favorisés aux dépens des bons et cela éloigne ceux-ci. Il ne tend pas à développer l'industrie électrique puisqu'il n'offre aucun avantage à l'abonné qui, en faisant installer un grand nombre de lampes ou des moteurs, des appareils de chauffage, améliorerait son coefficient d'utilisation.

» Pour remédier à ces défauts, on a proposé d'accorder des rabais à certains clients. Une première base de calcul pour ces rabais a été un escompte croissant avec la consommation totale. Ce procédé tend bien à augmenter la vente totale du courant à certains clients, mais n'encourage pas tous les bons clients à s'abonner, et, par contre, avantage de mauvais clients, tels que ceux qui ont un très grand nombre de lampes et ne les allument que très peu d'heures par an.

» Sa caractéristique est une ligne brisée en escalier (*fig. 2*); le prix du kilowatt-heure diminue brusquement lorsque la consommation augmente d'une unité; si un abonné dépensait, par exemple, 10000 kilowatts-heures, il payerait parfois près de 500^{fr} de moins qu'un autre qui aurait eu la mauvaise chance de ne dépenser que 9999 kilowatts-heures.

» On n'a pas tardé à comprendre ses inconvénients et l'on a proposé de baser les rabais non plus sur la consommation totale, mais sur la consommation par lampe installée. Ce tarif a, en partie, les

mêmes inconvénients que le précédent et, en plus, il va à l'encontre de son but puisque l'abonné, pour augmenter sa consommation par lampe, est tout naturellement conduit à ne conserver que les lampes ayant une grande durée d'allumage et à supprimer les autres.

» Enfin, un autre compromis consiste non pas à accorder des rabais variables avec la consommation, mais à vendre le kilowatt-heure à des prix différents, suivant qu'on estime les clients plus ou moins avantageux..... ou qu'ils s'entendent mieux à défendre leurs intérêts. Pas plus que les précédents, ce mode de tarification *ad libitum* n'atteint le but cherché, puisque chaque tarif en particulier ne l'atteint pas. Il est souvent difficile de faire comprendre à un abonné pourquoi il paye plus cher que son voisin.

» *Tarifs spéciaux pour utilisations diurne et nocturne, moteurs, chauffage, etc.* — L'application à la force motrice, au chauffage, à la charge des accumulateurs pour l'automobilisme peut donner lieu à un trafic extrêmement important pour les stations centrales électriques. A Paris, ces applications sont encore relativement peu répandues. Cependant, notre collègue, M. Laffargue, publiait récemment une statistique de laquelle il ressort qu'il y avait, branchés sur les secteurs, le 1^{er} octobre 1898, 841 moteurs représentant une puissance de 1731 kilowatts, 2141 ascenseurs utilisant 3872 kilowatts et 130 appareils de chauffage absorbant 127 kilowatts; en tout 5730 kilowatts, alors que la puissance totale représentée par les appareils installés sur ces secteurs est de 40905,08 kilowatts.

» A l'étranger, ces chiffres sont souvent dépassés. D'après M. E.-C. Martin, il y avait à New-York, à la fin de 1896, une puissance de 17000 chevaux alimentés par l'usine Edison dont la charge diurne est plus considérable que la charge nocturne; dans un autre exemple cité par M. Martin, la quantité d'énergie électrique fournie pendant l'année aux moteurs branchés représentait les 23 centièmes du débit total de l'usine pour tous les usages, y compris l'éclairage.

» La charge des accumulateurs pour automobiles donnera, dans les grandes villes, une source de recettes considérables.

» On conçoit donc sans peine que les électriciens aient consenti

à des sacrifices pour conquérir cette clientèle importante. On a proposé :

» 1° De vendre l'énergie électrique à un prix différent suivant qu'elle était utilisée pour l'éclairage ou une des applications précédentes ;

» 2° De vendre l'énergie électrique à un prix différent, suivant qu'elle était utilisée pendant le jour ou pendant la soirée, en se basant sur ce que le matériel des usines est beaucoup moins bien utilisé pendant la journée.

» Nous ne croyons pas qu'il soit juste d'agir ainsi d'une façon générale. Logiquement, il n'y a aucune raison pour vendre l'énergie électrique plus ou moins cher parce qu'elle sera utilisée dans des lampes ou dans des moteurs, puisqu'elle coûte le même prix à engendrer dans un cas comme dans l'autre.

» Les tarifs spéciaux ne seraient justifiés que si ces applications nouvelles n'entraînaient pas une augmentation du matériel, c'est-à-dire si les appareils n'étaient maintenus en service que depuis l'aurore jusqu'au coucher du soleil et permettaient d'utiliser un matériel improductif sans cela. Mais les moteurs et les appareils de chauffage ne sont pas utilisés rien que dans la journée, et, d'un autre côté, si l'on parvient à s'assurer cette clientèle, la charge diurne tendra à devenir égale à la charge nocturne, comme nous venons de le voir, et il n'y aura aucune raison pour consentir une diminution de tarif, même pour une utilisation exclusivement diurne.

» Les moteurs sont utilisés généralement pendant de longues heures par jour et d'un bout de l'année à l'autre ; leur coefficient d'utilisation a une valeur élevée ; avec un tarif rationnel, ils bénéficieraient donc d'un prix très avantageux, tout en étant une source de profits considérables pour les Sociétés exploitantes.

» La seule raison qui pourrait militer en faveur de l'adoption de tarifs spéciaux, c'est qu'il faut permettre à l'électricité de n'être pas plus chère, à égalité de services rendus, que les autres procédés actuellement en usage.

» Or vous savez tous que les ascenseurs électriques sont beaucoup moins coûteux que les ascenseurs hydrauliques ; un ascenseur de ce dernier genre, pour trois personnes, dépense en moyenne,

par course totale, 275^{lit} d'eau; à raison de 20 courses par jour et de 0^{fr},60 le mètre cube d'eau, la dépense annuelle est de $0,275 \times 20 \times 365 \times 0,60 = 1200^{\text{fr}}$. Un ascenseur électrique, pour le même service, ne dépense que 35 à 40 watts-heures par course; à 1^{fr},50 par kilowatt-heure; la dépense totale annuelle serait de 385^{fr} à 440^{fr}; l'économie en faveur de l'électricité serait donc de 750^{fr} à 800^{fr}. Par suite des rabais consentis, l'économie est généralement plus grande; ainsi, un ascenseur hydraulique établi à Paris, rue du Faubourg-Montmartre, dépensait 1200^{fr} par an; il a été remplacé par un ascenseur électrique et la dépense annuelle a été réduite à 250^{fr}, ce qui représente une économie de près de 1000^{fr} par an.

» M. A. Soubeyran a publié des chiffres, également obtenus à Paris, qui prouvent que les moteurs électriques sont plus avantageux que les moteurs à gaz, jusqu'aux puissances de 4 à 6 chevaux, lorsque le gaz est vendu 0^{fr},30 le mètre cube, et le courant 0^{fr},60 le kilowatt-heure. L'emploi des moteurs électriques indépendants pour chaque machine-outil, ou groupe de machines, permet de plus, en supprimant les transmissions, de réaliser des économies sensibles.

» Il n'y aurait donc pas lieu, dans la généralité des cas, de vendre le courant à des prix réduits spéciaux pour ces applications.

» *Tarifs composés.* — Aucun des tarifs précédents ne réalise la solution cherchée. Les tarifs composés que nous avons à étudier maintenant sont basés sur le calcul que nous avons déjà exposé; ils établissent donc d'une façon parfaite la redevance que chaque client doit payer à la Société exploitante. Leur caractéristique (*fig. 2*) est l'hyperbole théorique.

» Leur mise en application fut arrêtée au début par l'erreur commise en proportionnant la taxe fixe annuelle à la puissance reliée au lieu de la proportionner à la demande maximum.

» Le premier essai d'un tarif de ce genre remonte à 1894; il fut fait à l'usine Edison, de Milan; sur le conseil de M. G. Colombo, cette Société résolut d'adopter le tarif suivant :

Taxe fixe annuelle.....	571,5 livres par kilowatt installé.
Taxe proportionnelle.....	6,6 centimes par heure-lampe.

» En 1892, M. John Hopkinson reprit la même idée : « Le mode idéal de vente du courant électrique, disait-il, est une taxe fixe par année, proportionnelle à la plus grande consommation que l'abonné doit jamais demander et une taxe au compteur proportionnelle au nombre de kilowatts-heures dépensés. »

» Malheureusement, il commit la même faute que M. Colombo et fit sanctionner par le *Board of Trade* anglais « une taxe n'excédant pas 75^{fr} par trimestre et par kilowatt *relié* et, en plus, pour chaque kilowatt-heure dépensé, une taxe fixe n'excédant pas 0^{fr}, 20. »

» Ce genre de tarif a, comme la vente à forfait, le grave inconvénient de tendre à restreindre le nombre de lampes reliées, l'abonné ayant tout avantage à ne faire installer que les lampes qu'il doit employer pendant de longues heures, puisqu'il payera une même somme fixe par lampe quelle que soit la durée d'allumage de chacune d'elles.

» Considérons, par exemple, un particulier voulant s'éclairer à l'électricité. Son désir est évidemment d'avoir une lampe au moins dans chacune des pièces de son appartement; mais il ne séjourne dans chacune de ces pièces que successivement et d'une façon très irrégulière; il emploiera plus longtemps les lampes de son salon, de sa salle à manger, de son cabinet de travail que celles de sa chambre à coucher; ces dernières, par exemple, ne seront allumées, pour la moyenne de l'année, qu'une demi-heure par jour; une lampe de 50 watts lui coûterait donc 16^{fr}, 80 par an ou 9, 33 centimes par heure, tandis que les lampes des autres services, allumées en moyenne deux heures par jour, ne lui coûterait que 3 centimes par heure. Les premières lui seraient donc très onéreuses et il renoncera à les employer; peut-être même renoncera-t-il complètement à l'éclairage électrique, afin d'avoir un agent uniforme d'éclairage. Pourtant cette classe d'abonnés serait très profitable pour les stations centrales.

» Ce tarif est d'ailleurs moins juste qu'il ne le paraît à première vue, puisque les charges fixes de l'exploitation ne sont pas proportionnelles au nombre de lampes reliées, mais bien au nombre de lampes allumées simultanément. C'est ce que disait M. Hopkinson dans la phrase citée plus haut; mais, en se basant sur ce fait qu'en

moyenne le nombre de lampes allumées au même instant est une proportion déterminée du nombre de lampes reliées, on en était arrivé à taxer les lampes reliées. Ce calcul, basé sur une moyenne, ne répartit pas équitablement les charges et favorise certaines classes au détriment d'autres.

» C'est pourquoi M. Wilmerding, en Amérique, et M. Hastings, en Angleterre, ont proposé de se conformer à la théorie et de proportionner la taxe fixe non pas au nombre de lampes installées, mais bien à la demande maximum en kilowatts mesurée par un indicateur du genre de celui décrit plus loin et qui serait installé chez chaque abonné.

» Il serait juste aussi, comme l'a proposé notre collègue, M. G. Claude, de diminuer le prix de vente du kilowatt-heure proportionnellement à la durée d'utilisation; il concluait de son étude :
« Taxe d'immobilisation proportionnelle à la puissance maximum de
» l'abonné, prix du kilowatt-heure décroissant avec le coefficient
» de consommation, telles seraient les deux caractéristiques de la
» tarification rationnelle. »

» En pratique, les tarifs à taxe fixe offrent plusieurs inconvénients qui ont empêché leur adoption. D'abord, au lieu de favoriser le développement de l'éclairage électrique, ils tendent à l'empêcher, parce qu'ils effarouchent le consommateur qui est effrayé de l'importance de la taxe fixe à payer et qui voit de suite, en imagination, sa dépense annuelle monter à des valeurs énormes.

» Ensuite, les concessions sont tellement accordées qu'elles ne permettent pas l'adoption d'une taxe fixe; elles prévoient le prix maximum par unité, permettent des diminutions quelconques, mais n'autorisent pas à faire payer à un client les dépenses qu'entraîne son service.

» Nous ne croyons pas que les tarifs composés aient encore été appliqués; il serait désirable qu'ils soient soumis à la sanction de la pratique, afin qu'on soit définitivement fixé à leur égard.

» *Tarif différentiel.* — Pour pallier aux inconvénients des tarifs à taxe fixe, M. Arthur Whrigt, ingénieur de la municipalité, à Brighton, a été conduit à imaginer le tarif différentiel.

» Ce tarif consiste à faire payer à chaque abonné le kilowatt-

heure au prix maximum fixé par le cahier des charges tant que le coefficient d'utilisation ne dépasse pas, par exemple, une heure par jour, et à vendre le surplus à un prix très réduit.

» Ainsi, nous avons vu plus haut qu'à Brighton la taxe fixe par kilowatt de demande maximum est de 277^{fr} par an, soit 75,85 centimes par jour, et que les dépenses d'exploitation sont de 6,82 centimes par kilowatt-heure. La première heure d'utilisation par jour devrait donc être payée à raison de $75,85 + 6,82$, soit 82,75 centimes par kilowatt-heure, pour que la Société exploitante ne fût pas en perte; mais le courant consommé en surplus dans la même journée peut être vendu à très bon marché, puisqu'il ne coûte que 6,82 centimes par kilowatt-heure.

» Cela revient à faire payer la taxe fixe par fractions.

» Pour la Société exploitante, les résultats sont les mêmes, sauf dans le cas où le coefficient d'utilisation est très bas, ce qui est assez rare. Le consommateur, lui, ne voit que la réduction offerte et l'avantage qu'il retire de l'emploi d'appareils utilisés à des heures différentes.

» La valeur de la puissance maximum utilisée par chaque abonné est mesurée par un appareil spécial connu sous le nom d'*indicateur de Wright*, ou *indicateur de demande maximum*. On lui donne aussi le nom d'*indicateur de rabais*.

» Il consiste en un tube de verre en forme d'U, terminé à ses deux extrémités supérieures par des ampoules fermées. Une de ces ampoules est entourée d'un ruban en platinoïde, alliage d'une résistance électrique élevée, mais très constante; l'appareil étant monté en série avec les lampes et le compteur ordinaire, ce ruban est parcouru par le courant qui alimente les lampes. La branche opposée à celle qui porte l'ampoule armée communique avec un tube en verre, fermé par le bas et qui descend verticalement sur le devant de l'appareil, en face d'une planchette graduée : c'est le tube indicateur. Le tube en U est en partie rempli d'un liquide coloré spécial. L'appareil est enfermé dans une boîte en fonte fermée par une glace; il se place verticalement.

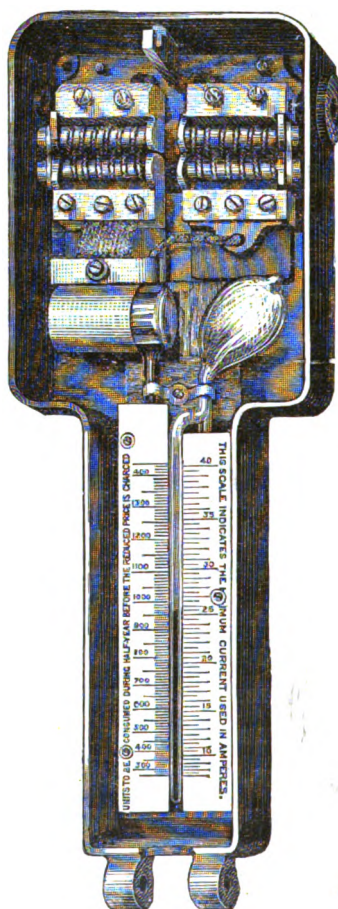
» Son fonctionnement est très simple.

» Au début, lorsque aucun courant n'a encore dilaté l'air con-

tenu dans l'ampoule de gauche, le liquide s'élève dans la branche opposée juste au niveau de la jonction du tube indicateur.

» Lorsque le courant passe dans le ruban de platinoïde, l'échauffement qui en résulte provoque une dilatation de l'air contenu dans

Fig. 3.



l'ampoule de gauche; le liquide s'élève dans la branche de droite et vient tomber dans l'indicateur; la dénivellation produite est fonction de la température atteinte et, par conséquent, de l'intensité du courant; la hauteur du liquide tombé dans l'indicateur donne donc la mesure de l'intensité la plus grande que le courant a atteinte, à un moment quelconque, pendant toute la période que l'appareil est

resté en service, puisqu'il ne peut tomber de liquide dans l'indicateur, à un moment donné, que si le liquide ne s'élève plus haut qu'il ne l'a fait précédemment.

» Comme il faut quelques minutes pour que l'échauffement se produise, une consommation accidentellement exagérée, telle qu'en pourraient produire un court-circuit, le démarrage d'un moteur, ne peut fausser les indications fournies. La quantité d'énergie électrique consommée par l'appareil varie avec les dimensions de celui-ci; elle est de 3 à 7 watts, c'est-à-dire qu'elle est toujours assez faible pour être négligeable.

» Les graduations de la planchette de l'indicateur sont faites expérimentalement pour chaque appareil; elles peuvent être établies pour que les rabais soient accordés tous les mois, tous les trimestres ou tous les ans.

» Lorsque la lecture de l'indicateur a été faite par l'employé de la Compagnie, il suffit à celui-ci d'incliner convenablement l'ensemble des tubes pour faire retourner tout le liquide dans le tube en U et remettre l'appareil à zéro pour une nouvelle période. Cette opération ne peut évidemment pas être faite par l'abonné lui-même, qui pourrait ainsi fausser les indications de l'appareil entre deux visites de l'inspecteur.

» La caractéristique du tarif différentiel est composée d'une droite parallèle à l'axe des temps, correspondant à la première heure d'utilisation, et ensuite d'une courbe continue qui suit de très près la courbe théorique.

» Le principal reproche qu'on puisse faire à ce système de tarification, c'est qu'il ne permet pas de faire payer une part proportionnelle assez élevée aux abonnés dont le coefficient de consommation est très faible. Ainsi, à Brighton, en 1896, 141 clients ne profitèrent pas du tarif réduit; sur ce nombre, 74 payèrent en tout, par semestre, 1025^{fr}, alors que seules les charges fixes qu'ils auraient dû payer atteignaient 5600^{fr}. C'est une conséquence malheureuse du maximum trop faible de 73,5 centimes fixé par la concession. Il serait préférable de fixer le prix maximum à 1^{fr}, 70 ou 1^{fr}, 50, par exemple, et de décider que le prix réduit sera appliqué après une utilisation d'une demi-heure par jour. Dans ces conditions, tous les abonnés

profiteraient du prix réduit et participeraient plus équitablement au paiement des charges fixes. On se rapprocherait ainsi du système théorique à taxe fixe, tout en évitant d'effaroucher les abonnés.

» Le tarif différentiel fut appliqué pour la première fois à Brighton en 1893. Nous avons déjà montré les résultats généraux obtenus; quelques chiffres compléteront ceux que nous avons déjà donnés.

» Brighton est une ville de 115870 habitants, très fréquentée à l'époque des bains de mer. Le charbon y coûte 25^{fr} la tonne à pied d'œuvre; le gaz y est vendu 12,2 centimes le mètre cube. Ces conditions rendaient difficile le succès de l'éclairage électrique et nécessitaient l'adoption des prix réduits.

» Le nombre d'abonnés, qui était de 212 à la fin de 1892, était de 1366 à la fin de 1896 et de 1723 à la fin de 1897; une grande partie de la clientèle est recrutée parmi la bourgeoisie et les ouvriers, qui ont été séduits par le bas prix du courant et les avantages de l'éclairage électrique; même dans les quartiers pauvres, l'usine a de nombreux clients qui lui procurent d'importants bénéfices. La première année où le tarif différentiel fut appliqué, 40 pour 100 seulement des abonnés profitèrent de la réduction de prix; en 1897, 10 pour 100 seulement n'en profitèrent pas. En 1897, 672390 kilowatts-heures furent vendus à plein tarif et 1320209 kilowatts-heures à 15,75 centimes.

» Par suite du plus grand nombre de clients répartis dans des classes différentes, l'augmentation du débit total n'a pas entraîné une augmentation proportionnelle du matériel; la charge maximum à l'usine n'est que les deux tiers de la somme correspondant aux demandes maxima des abonnés. Le coefficient d'utilisation de la charge maximum, qui était de 913 heures en 1892, a été, en 1896, de 1405 et, en 1897, de 1533 heures. La durée pendant laquelle les moteurs sont maintenus à pleine charge s'étend de plus en plus; de 1895 à 1898, l'heure à laquelle la charge tombe à la moitié de sa valeur maximum, un même jour de l'année a été retardée de près de quarante minutes.

» Non seulement le matériel de l'usine, mais encore les canalisations sont beaucoup mieux utilisées: le nombre de kilowatts-heures vendus par mètre de voie canalisée, qui était de 22 en 1892, a été

de 39 en 1896 et de 41,25 en 1897; il dépassera 50 en 1898 ⁽¹⁾. Nous ne croyons pas qu'un chiffre aussi élevé ait encore été atteint pour une ville de cette importance.

» Il faut remarquer, cependant, que l'exploitation, à Brighton, est faite par la municipalité; des Sociétés privées ne pourraient pas vendre aussi bon marché, car il faudrait tenir compte de la durée de la concession, des frais de premier établissement, plus élevés par suite des concours financiers qu'il faut rétribuer, des dividendes, etc., et l'augmentation paralyserait en partie le développement; il est vrai que, si l'on tient compte du prix du gaz à Brighton et dans la plupart des villes françaises, on aperçoit immédiatement la possibilité d'une élévation sensible de tarif.

» Les résultats inespérés obtenus par l'application du tarif différentiel ont entraîné son adoption sur plus des deux tiers des réseaux anglais (70 stations); il est également adopté en Autriche, en Italie, aux États-Unis, notamment à Boston et à Chicago. Partout l'augmentation du trafic et des bénéfices a été conforme à l'expérience de Brighton.

» A Worcester, une mesure très intéressante a été adoptée, que nous signalerons pour terminer. Le courant y est vendu à raison de 0^r,63 le kilowatt-heure pour la première heure quotidienne d'utilisation et le surplus à raison de 26,55 centimes le kilowatt-heure. En outre, et c'est là le point important, les compteurs sont prêtés gratuitement lorsque le coefficient d'utilisation atteint ou dépasse une heure par jour. Les lampes à incandescence sont remplacées gratuitement de la façon suivante : une lampe est donnée pour chaque consommation de 50 kilowatts-heures correspondant à une durée d'allumage de mille heures d'une seule lampe; comme cette durée d'allumage se répartit sur l'ensemble des lampes installées, cela correspond, en réalité, au remplacement de chaque lampe après une durée d'allumage de cinq cents à six cents heures environ. Enfin, on facilite par tous les moyens possibles, notamment par une entente avec des Compagnies intermédiaires, l'installation gratuite des colonnes montantes et de l'appareillage. On arrivera ainsi à rendre l'éclairage électrique beaucoup plus popu-

(1) La longueur des rues canalisées est d'environ 50^{km}.

laire, beaucoup de personnes étant arrêtées par la perspective des frais accessoires à payer, souvent supérieurs à ceux du courant. L'adoption de cette mesure est une conséquence immédiate des résultats obtenus à la suite des diminutions de tarif, car elle n'en est que la généralisation; nous n'hésitons pas à croire qu'elle donnera des résultats non moins favorables. Malheureusement, la faible durée des concessions ne permet pas toujours aux Compagnies de suivre cet exemple; dans l'intérêt même du public, il serait désirable qu'un accord intervint pour généraliser cette mesure. »

M. LAURIOL. — « L'idée de faire entrer en ligne de compte la puissance maximum demandée au lieu de la puissance installée est, à ma connaissance, présentée pour la première fois, et je la crois très intéressante. Il importe que l'abonné ait toute facilité pour installer un grand nombre de lampes dont plusieurs pourront n'être allumées que pendant un temps très court. Il faudrait seulement avoir des appareils limitant la puissance livrée au chiffre maximum demandé par l'abonné.

» Quant au tarif basé sur l'emploi de l'ampèremètre à maxima, s'il est employé dans un certain nombre de villes de petite ou moyenne importance (200000 habitants au plus), nous ne connaissons, en fait de grande ville, que celle de Glasgow où il soit appliqué.

» Nous signalerons deux autres tentatives tendant au même but, uniformiser la consommation :

» 1° A Berlin, la Compagnie des *Berliner Electricitäts Werke* a établi un tarif réduit, à condition que l'énergie serait livrée seulement à certaines heures, pendant le jour. Ce tarif n'est consenti que pour un petit nombre de gros abonnés chez lesquels le contrôle est facile au moyen de rondes.

» 2° A Saint-Pancrass (Londres), d'après une règle applicable seulement aux boutiquiers, le courant peut passer par deux compteurs correspondant à deux tarifs différents. Lorsque l'abonné veut éclairer la devanture de sa boutique, il est mécaniquement obligé de lancer tout le courant dans le compteur à tarif fort; en dehors des heures où la devanture est éclairée, le courant qui, par

exemple, sert à éclairer l'arrière-boutique ou le sous-sol, passe par le compteur à tarif faible.

» Les tarifs réduits consentis pour la force motrice tendent également au même but. On fait payer moins cher l'énergie que l'on peut supposer débitée d'une façon plus uniforme.

» M. Pellissier a signalé qu'à New York le débit diurne était sensiblement égal au débit nocturne. On est loin d'atteindre ce résultat en Europe. Aussi devons-nous chercher non seulement à rendre le débit aussi uniforme que possible, mais encore à favoriser la consommation diurne. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Pellissier.

(M. PICOU, indisposé, cède le fauteuil à M. POLLARD, vice-président.)

**ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR LES COURANTS ALTERNATIFS.**

BUT DE CETTE ÉTUDE (1).

M. MAURICE LEBLANC. — « L'emploi des courants alternatifs se propage rapidement dans l'Industrie : cette faveur tient à la simplicité des appareils qui les produisent, transforment ou utilisent. Cependant, beaucoup d'électriciens leur préfèrent encore les courants continus, disant que ces derniers permettent d'obtenir les mêmes résultats, avec plus de sécurité et moyennant une moindre dépense de matériel. Le fonctionnement des organes de commutation est, d'ailleurs, devenu si parfait que leur suppression n'offre plus grand intérêt.

» C'est que les avantages des courants alternatifs sont au moins compensés en partie :

» 1° Par les inconvénients occasionnés par la capacité et par la self-induction de tout réseau de distribution et des appareils branchés sur lui ;

» 2° Par la nécessité de faire tourner synchroniquement les alternateurs qui doivent être accouplés en parallèle ;

» 3° Par l'impossibilité d'accoupler les alternateurs en série.

(1) Lorsque j'ai commencé cette étude, j'ai pu profiter de la collaboration active et dévouée de mon camarade et ami, M. Maurice Hutin. Dans la suite, il fut appelé à de hautes fonctions qui absorbèrent presque tout son temps et dut me laisser l'initiative des recherches à entreprendre, mais il n'a jamais cessé de les suivre et de m'aider de ses avis.

Nous avons trouvé, auprès de la Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité et de la Compagnie du chemin de fer du Nord, le concours éclairé et bienveillant qui nous était nécessaire. M. Farcot aussi s'est intéressé à nos travaux.

Enfin, M. A. Potier a bien voulu nous encourager constamment et nous servir de guide. Nous ne saurions dire combien ce concours nous a été précieux.

Nous croyons que les méthodes que nous allons exposer sont originales, mais nous n'ignorons pas que nous avons été suivis de très près par d'autres électriciens, notamment en France par MM. Blondel et Boucherot. S'il nous arrivait, à notre insu, d'empiéter sur leur domaine, ils peuvent compter que nous réserverons le meilleur accueil à leurs réclamations.

» I. Sur un réseau qui a une capacité notable, on doit toujours s'attendre à des élévations de voltage imprévues et très dangereuses, dues, soit à des phénomènes de résonance, soit aux mouvements électriques oscillatoires, véritables extra-courants, qui accompagnent chaque changement de régime. Heureusement, il est toujours facile de rendre négligeable la capacité d'un réseau, surtout en proscrivant d'une façon absolue l'emploi des câbles concentriques, lorsqu'ils doivent être parcourus par des courants de haute tension.

» La self-induction est une cause générale de mauvaise utilisation des matériaux entrant dans la constitution de tous les appareils générateurs, transmetteurs et récepteurs.

» Nous savons que l'alimentation d'un réseau de distribution à voltage constant exige qu'on lui fournisse des courants déwattés en même temps que des courants wattés. Or les génératrices employées aujourd'hui se prêtent mal à la production des courants déwattés. Bien que les courants produits ne subissent aucune commutation, on a été amené à rendre leur réaction d'induit plus faible que celle des machines à courant continu, et cela au grand détriment de l'utilisation des matériaux entrant dans leur construction.

» Le passage des courants déwattés a aussi pour effet d'amener un dégagement de chaleur supplémentaire dans les génératrices, lignes de transmission et transformateurs.

» Enfin, les moteurs asynchrones, dont l'invention a tant contribué à la généralisation de l'emploi des courants alternatifs, demandent que leur entrefer soit très petit, non seulement pour que leur cos ϕ ait une valeur élevée, mais aussi pour que leurs fuites magnétiques soient très réduites. On sait que l'existence de ces fuites diminue considérablement la charge maximum que peut supporter un moteur de dimensions déterminées. Or, s'il est facile de donner un très petit entrefer à un petit moteur, cela devient impraticable avec un moteur de grandes dimensions.

» II. Il est incontestable que l'obligation de faire tourner les alternateurs accouplés en parallèle soit une cause d'insécurité, la désynchronisation pouvant être amenée par des phénomènes de résonance électromécanique impossibles à prévoir. La mise sur le réseau d'un alternateur est une opération d'autant plus délicate et

qui nécessite d'autant plus de temps que l'on a affaire à un alternateur plus puissant.

» III. Tout le monde connaît le remarquable système de transport de force de M. Thury, au moyen de machines à courant continu et à intensité constante, montées en série dans un circuit en forme de boucle. C'est celui qui donne le plus de sécurité dans l'emploi des courants de haute tension, puisque les points de la ligne entre lesquels sont développées des différences de potentiel élevées sont naturellement éloignés les uns des autres.

» Il serait bien intéressant de pouvoir substituer un courant alternatif simple, d'intensité efficace constante, au courant continu. En effet, les moteurs récepteurs, ayant leur vitesse réglée par la fréquence du courant, n'auraient plus besoin d'être munis de régulateurs de vitesse spéciaux et assez compliqués, comme les moteurs à courant continu que l'on monte en série. D'un autre côté, on pourrait toujours séparer complètement un appareil récepteur de la ligne de transport, en employant un transformateur intermédiaire.

» Mais pour qu'une pareille solution pût être rendue industrielle, il faudrait pouvoir accoupler des alternateurs en série sans s'imposer l'obligation de relier mécaniquement leurs axes.

» Ces diverses raisons nous ont décidés à reprendre l'étude des divers problèmes relatifs à la production et à l'utilisation des courants alternatifs, en nous donnant pour but de doter ces courants des avantages des courants continus, tout en leur conservant ceux qui leur sont propres.

» Nous pensons y être parvenus, au moyen de divers procédés dont voici l'énumération et que nous nous proposons de décrire successivement :

» 1° Un système de compoundage des alternateurs à voltage constant qui permet de leur donner une réaction d'induit aussi grande que l'on veut, de manière à utiliser aussi bien que possible les matériaux qui entrent dans leur construction, tout en augmentant leur faculté d'accouplement en parallèle avec d'autres alternateurs ;

» 2° Un système pour faciliter la mise en parallèle des alternateurs et assurer la stabilité de leur synchronisme, basé sur l'emploi

d'un écran magnétique logé dans les épanouissements polaires des inducteurs;

» 3° Un système de génératrices capables de fournir des courants en phase ou non avec les forces électromotrices dont elles sont le siège, susceptibles de travailler à voltage constant ou à intensité constante, et, suivant les cas, de s'accoupler entre elles en parallèle ou en série, sans être assujetties à tourner synchroniquement;

» 4° Un système d'excitation des moteurs asynchrones permettant de leur donner les mêmes entrefers qu'aux moteurs synchrones et de rendre leur $\cos\varphi$ aussi voisin de l'unité que l'on veut, ou même de le rendre négatif.

» 5° Comme on ne peut concevoir un système complet de distribution d'énergie par les courants alternatifs sans un procédé permettant de les transformer en courants continus, nous avons traité aussi cette question. En même temps, nous avons dû résoudre un problème que nous a posé M. Albert Sartiaux pour l'éclairage des gares secondaires du chemin de fer du Nord, mais qui est susceptible de recevoir les plus nombreuses applications. Il consiste à prendre du courant continu à basse tension au tableau d'une usine, à le transformer en courants alternatifs polyphasés à haute tension et à opérer la transformation inverse au point d'arrivée.

PREMIÈRE PARTIE.

COMPOUNDAGE DES ALTERNATEURS A VOLTAGE CONSTANT.

I.

» On demande aux alternateurs de fournir un voltage très sensiblement constant, quelles que soient la grandeur, la nature et la brusquerie de leurs variations de débit, du moment qu'on les fait tourner avec la même vitesse.

» On s'est généralement proposé d'obtenir ce résultat sans faire varier l'intensité du courant d'excitation. Aussi n'a-t-on eu d'autre ressource que de diminuer la réaction d'induit par tous les moyens possibles, notamment en faisant des armatures très légères par rapport aux inducteurs et en employant de très grands entrefers.

» Les machines deviennent alors très coûteuses, surtout lorsqu'elles doivent fournir beaucoup de courants déwattés, en actionnant, par exemple, des moteurs asynchrones.

» Un alternateur à grande réaction d'induit utiliserait beaucoup mieux les matériaux, à égalité de rendement, que les machines conçues de cette manière; mais, pour que le voltage développé entre ses bornes demeurât constant, il faudrait que son excitation variât, à chaque instant, en fonction de l'intensité et de la nature des courants fournis (wattés ou déwattés).

» Pour que son emploi fût industriel, les variations du courant d'excitation devraient être obtenues automatiquement, par un procédé purement électrique, n'exigeant l'intervention d'aucun organe mécanique et dont l'action fût instantanée. Ce procédé serait analogue au compoundage des machines à courant continu.

» Ce système d'excitation devrait assurer, en même temps, l'accouplement en parallèle des alternateurs qui en seraient munis, malgré leur grande réaction d'induit.

» Nous pouvons réaliser un pareil système en nous servant d'une excitatrice spéciale.

II.

LOI SUIVANT LAQUELLE DOIT VARIER, EN FONCTION DE SON DÉBIT,
L'INTENSITÉ DU COURANT D'EXCITATION D'UN ALTERNATEUR A VOLTAGE CONSTANT.

» Considérons un alternateur quelconque et supposons que son fonctionnement soit parvenu à l'état de régime.

» Désignons par :

$h = h_0 \sin 2\pi \alpha t$ le voltage qu'il doit maintenir entre les bornes d'un de ses circuits d'armature;

ρ et λ la résistance et le coefficient de self-induction de ce circuit;

$i = a \sin 2\pi \alpha t - b \cos 2\pi \alpha t$ l'intensité du courant débité par le circuit considéré; dans cette expression, le terme $a \sin 2\pi \alpha t$ représente l'intensité du courant watté, et le terme $- b \cos 2\pi \alpha t$, l'intensité du courant déwatté;

$M = \mu \cos 2\pi(\alpha t + \gamma)$ les variations du coefficient d'induction mutuelle du circuit d'armature considéré avec l'inducteur;

J l'intensité du courant d'excitation.

» Nous aurons, à chaque instant,

$$0 = \rho i + \lambda \frac{di}{dt} + h + J \frac{dM}{dt}$$

ou

$$2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi(\alpha t + \chi) = \rho i + \lambda \frac{di}{dt} + h$$

ou

$$2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi(\alpha t + \chi) = (\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) \sin 2\pi\alpha t + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \cos 2\pi\alpha t;$$

d'où l'on tire

$$(1) \quad J = \frac{1}{2\pi\alpha\mu} \sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2},$$

$$(2) \quad \text{tang } 2\pi\chi = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0}.$$

» Si l'on veut que le voltage h_0 demeure constant, l'équation (1) nous montre comment il convient de faire varier l'intensité J du courant d'excitation, en fonction du débit.

III.

EXCITATRICE SPÉCIALE.

» Nous supposons que cette excitatrice soit une machine bipolaire.

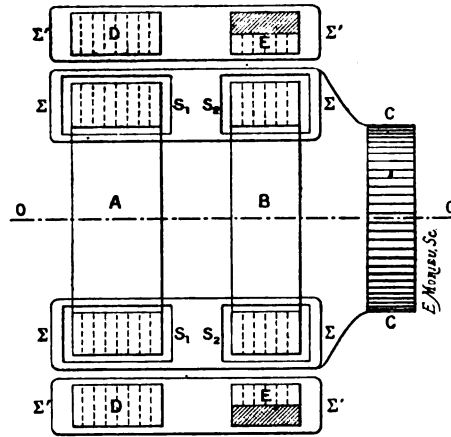
» *Premier cas.* — Elle doit servir à exciter un alternateur à courants polyphasés.

» Sur un même axe OO (voir *fig. 1*) sont disposés deux anneaux A et B . Autour de l'anneau A est monté un premier enroulement $S_1 S_1$ de machine à champ tournant qui comporte un nombre de circuits régulièrement décalés égal à celui de l'armature de l'alternateur. Ces circuits sont reliés en série avec les circuits correspondants de l'alternateur, par l'intermédiaire de bagues et de frotteurs, comme il est représenté sur la *fig. 2* pour l'un des circuits S_1 .

» Sur l'anneau B est monté un autre enroulement de machine à champ tournant $S_2 S_2$ dont les circuits sont aussi en nombre égal à ceux de l'armature de la génératrice, mais sont dérivés entre les points d'entrée de ces circuits et les points de sortie des circuits S_1 de l'excitatrice, comme il est représenté sur la *fig. 2*, pour l'un des circuits S_2 .

» Un troisième enroulement de machine à courant continu Σ recouvre les anneaux A et B et aboutit à un collecteur CC (fig. 1).

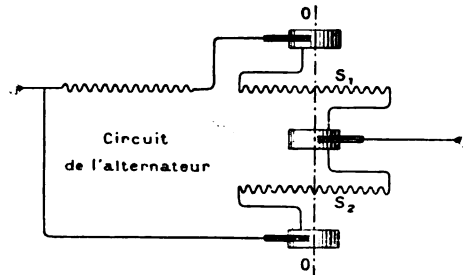
Fig. 1.



Deux balais diamétralement opposés, appuyés sur ce collecteur, permettront de recueillir un courant qui servira à exciter l'alternateur.

» Les anneaux A et B tournent à l'intérieur d'anneaux de fer DD et EE où se ferment les flux qu'ils engendrent.

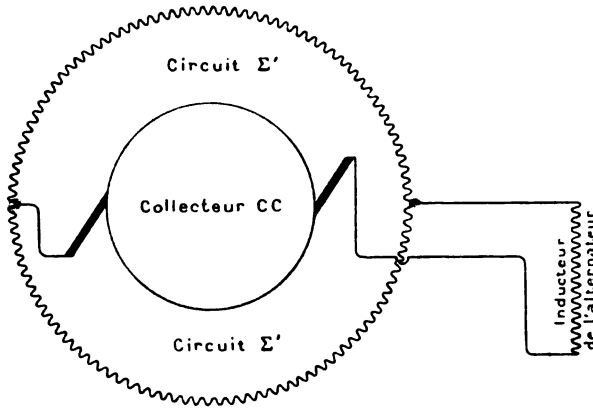
Fig. 2.



» Les sections de ces anneaux DD et EE sont déterminées de telle manière que les circuits magnétiques, le long desquels se propageront les flux engendrés par l'anneau A, soient toujours dans un état éloigné de la saturation, et qu'au contraire les circuits magnétiques, le long desquels se propageront les flux engendrés par l'anneau B, soient fortement saturés, lorsque l'excitatrice fonctionnera dans ses conditions normales.

» Enfin, un circuit $\Sigma'\Sigma'$ entoure les anneaux DD et EE. Il comporte autant de spires que le circuit $\Sigma\Sigma$ et est parcouru par le courant issu des balais du collecteur CC, comme le représente le schéma

Fig. 3.



de la *fig. 3*. Les points d'entrée et de sortie de ce circuit sont choisis de telle manière que la force magnétisante développée par lui soit toujours égale et de signe contraire à celle développée par le circuit $\Sigma\Sigma$. Dans ces conditions, les courants qui traverseront ces deux circuits ne pourront engendrer aucun flux dans l'excitatrice.

» L'axe OO est assujéti à tourner synchroniquement avec celui de l'alternateur et lui est relié invariablement : soit par accouplement direct si la polarité des deux machines est la même, soit par l'intermédiaire d'un train d'engrenages, soit par tout autre procédé équivalent.

» On groupe les circuits à courants alternatifs des anneaux A et B de manière que les champs qu'ils engendrent tournent en sens inverse du mouvement des anneaux. Dès lors, ces champs sont fixes dans l'espace et l'enroulement à courant continu Σ , se déplaçant au milieu de champs fixes, développe entre les balais du collecteur CC une force électromotrice continue dont la grandeur ne dépend, pour une machine donnée, que de l'intensité des deux champs tournants et du calage des balais.

» *Deuxième cas.* — L'excitatrice doit exciter un alternateur à courants alternatifs simples.

» Nous ne monterons qu'un seul circuit à courant alternatif sur chacun des anneaux A et B de l'excitatrice (fig. 1).

» Nous disposerons, en même temps, une cage d'écureuil à la surface interne de chacun des anneaux extérieurs DD, EE et lui superposerons le circuit $\Sigma'\Sigma'$. Dans ces conditions, chacun des anneaux A et B tendra à produire deux champs tournants en sens inverses l'un de l'autre. Ceux qui tourneront dans le même sens que les anneaux seront détruits par l'influence des cages d'écureuil. Les deux autres champs seront fixes dans l'espace et se développeront, au contraire, librement à travers elles. Il en résulte que l'excitatrice fonctionnera de la même manière que dans le premier cas.

IV.

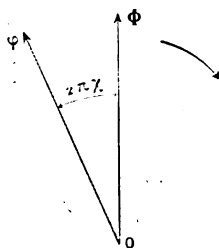
THÉORIE DU FONCTIONNEMENT DE CETTE EXCITATRICE.

» Soit φ l'intensité du champ développé par l'anneau B. Nous pouvons poser $\varphi = K h_0$, le coefficient K diminuant lorsque le voltage h_0 augmente, puisque, par hypothèse, le circuit magnétique le long duquel se développera ce champ sera fortement saturé lorsque le voltage h_0 aura pris sa valeur normale.

» Considérons le circuit de l'anneau B, entre les extrémités duquel est maintenu le voltage $h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$.

» Puisque l'axe de l'excitatrice est invariablement lié à celui de l'alternateur, si la force électromotrice développée aux bornes du circuit considéré était $h = h_0 \sin 2\pi(\alpha t + \chi)$ et non $h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$, c'est-à-dire était de même phase que la force électromotrice développée dans l'armature de l'alternateur par la rotation de ses cir-

Fig. 4.



cuits mobiles, la direction du champ considéré serait bien déterminée. Représentons-la par une droite $O\Phi$ (fig. 4).

» La direction, dans l'espace, du champ produit par la force électromotrice $h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$ et les forces électromotrices régulièrement décalées, comme phases, qui agissent sur les autres circuits de l'anneau B, fera avec la direction $O\Phi$ un angle égal à $2\pi\chi$, cet angle étant compté en sens inverse du mouvement de rotation des champs indiqué par une flèche sur la *fig. 4*.

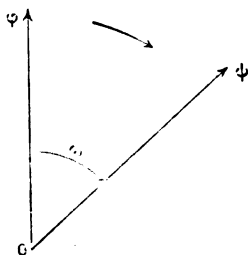
» Soit ψ l'intensité du champ développé par l'anneau A. Nous ferons en sorte que, si l'intensité des courants qui le produisent est égale à i , l'on ait

$$\psi = K' i \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}.$$

» Le coefficient K' devra être considéré comme constant puisque, par hypothèse, le circuit magnétique le long duquel se développera le champ ψ sera toujours dans un état éloigné de la saturation.

» Enfin, nous calerons les anneaux A et B, l'un par rapport à l'autre, sur l'axe OO de l'excitatrice, de telle manière que, si l'on faisait traverser par les mêmes courants les circuits de l'anneau A et ceux de l'anneau B, qui ont des sorties communes (*fig. 2*), les directions des champs développés dans les deux anneaux fissent entre elles un angle ω tel que $\tan \omega = \frac{2\pi\alpha\lambda}{\rho}$. L'angle ω doit être compté à partir de la direction $O\varphi$, dans le sens de la rotation des champs (*fig. 5*).

Fig. 5.



» Nous ferons, sur les figures suivantes, la longueur $O\varphi$ égale à $K h_0$.

» Si nous désignons toujours par

$$i = a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t$$

l'intensité du courant qui traverse le circuit de l'anneau A ayant même sortie que celui de l'anneau B qui supporte la différence de

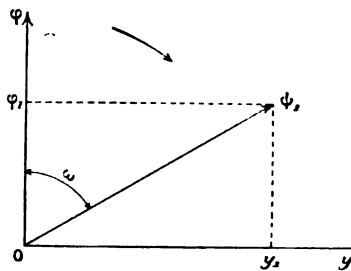
potentiels $h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$, au courant d'intensité i correspond la production :

» 1° D'un champ d'intensité

$$O\psi_1 = K' a \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2},$$

développé par le passage des courants wattés, dont la direction est celle de la ligne $O\psi$ de la *fig. 5*.

Fig. 6.



» Ses deux composantes, suivant les directions $O\varphi$ et Oy ($\varphi Oy = 90^\circ$), sont (*fig. 6*) :

$$\text{suivant } O\varphi \dots \dots O\varphi_1 = O\psi_1 \cos \omega,$$

$$\text{suivant } Oy \dots \dots Oy_1 = O\psi_1 \sin \omega.$$

» On a

$$\text{tang } \omega = \frac{2\pi\alpha\lambda}{\rho};$$

d'où

$$\sin \omega = \frac{2\pi\alpha\lambda}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}},$$

$$\cos \omega = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}};$$

d'où

$$O\varphi_1 = K' \rho a, \quad Oy_1 = K' 2\pi\alpha\lambda a.$$

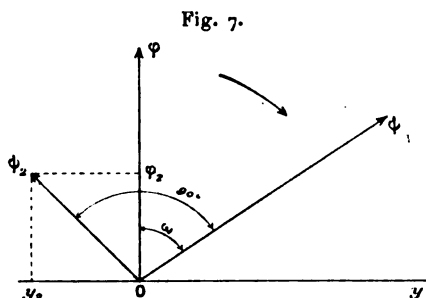
» 2° D'un champ d'intensité $O\psi_2$ tel que l'on ait

$$O\psi_2 = K' b \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}.$$

» Le courant déwatté — $b \cos 2\pi\alpha t$ étant en retard de $\frac{3}{4}$ de période par rapport au courant watté d'intensité $a \sin 2\pi\alpha t$, le courant déwatté qui passera dans le circuit de l'anneau A situé à 50° en arrière de celui où passe le courant watté $a \sin 2\pi\alpha t$ sera en retard,

par rapport à ce dernier, de $\frac{1}{4}$ de période, c'est-à-dire qu'il sera en phase avec lui.

» Il en résulte que la direction du champ $O\psi_2$, développé par le passage des courants déwattés, sera décalée de 90° en arrière de la direction du champ $O\psi_1$, comme il est représenté sur la *fig. 7*.



» Les composantes du champ $O\psi_2$, suivant les directions $O\varphi$ et Oy , sont :

$$\text{suivant } O\varphi \dots\dots O\varphi_2 = O\psi_2 \sin \omega,$$

$$\text{suivant } Oy \dots\dots Oy_2 = -O\psi_2 \cos \omega$$

ou

$$O\varphi_2 = K' 2\pi\alpha\lambda b,$$

$$Oy_2 = -K' \rho b.$$

» En résumé, nous voyons que la somme des composantes des champs suivant la direction $O\varphi$ est

$$X = K'(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b) + K h_0,$$

et suivant la direction Oy

$$Y = K'(2\pi\alpha\lambda a - \rho b).$$

» Le champ résultant aura donc une intensité R telle que

$$R = \sqrt{[K'(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b) + K h_0]^2 + K'^2 (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}.$$

Cherchons quel angle fera la direction de cette résultante avec la direction $O\varphi$. Appelons-le $2\pi\chi'$ et supposons-le compté dans le même sens que l'angle ω . Nous aurons

$$R \cos 2\pi\chi' = X,$$

$$R \sin 2\pi\chi' = Y;$$

d'où

$$\operatorname{tang} 2\pi\chi' = \frac{Y}{X} = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + \frac{K}{K'} h_0}.$$

» La direction du flux $O\varphi$ fait, avec la direction fixe que nous avons appelée $O\Phi$, un angle $2\pi\chi$ tel que

$$\operatorname{tang} 2\pi\chi = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + \frac{K}{K'} h_0},$$

l'angle $(2\pi\chi)$ étant compté en sens inverse de l'angle ω .

» La direction de la résultante R se confondra donc avec la direction fixe $O\Phi$, lorsque l'on aura $K = K'$, et cela quel que soit le débit de l'alternateur.

» Supposons que la ligne de contact des balais du collecteur de l'excitatrice soit perpendiculaire à la direction $O\Phi$. Si nous désignons par C une constante ne dépendant que des dimensions de l'excitatrice, le courant d'excitation fourni par elle est égal à $CR \cos 2\pi(\chi' - \chi)$.

» Lorsqu'un état de régime s'est établi, on a nécessairement

$$CR \cos 2\pi(\chi' - \chi) = \frac{1}{2\pi\alpha\mu} \sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}.$$

» Cette équation peut s'écrire

$$\begin{aligned} CK' \cos 2\pi(\chi' - \chi) &= \sqrt{\left(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + \frac{K}{K'} h_0\right)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2} \\ &= \frac{1}{2\pi\alpha\mu} \sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}. \end{aligned}$$

» Nous avons, en posant $\frac{K}{K'} = x$,

$$\begin{aligned} \operatorname{tang} 2\pi(\chi' - \chi) &= \frac{\operatorname{tang} 2\pi\chi' - \operatorname{tang} 2\pi\chi}{1 + \operatorname{tang} 2\pi\chi \operatorname{tang} 2\pi\chi'} \\ &= \frac{(2\pi\alpha\lambda a - \rho b)(1 - x)h_0}{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + xh_0) + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}. \end{aligned}$$

» Posons, pour simplifier l'écriture,

$$\begin{aligned} \rho a + 2\pi\alpha\lambda b &= P, \\ 2\pi\alpha\lambda a - \rho b &= Q. \end{aligned}$$

» Il vient

$$R = K' \sqrt{(P + x h_0)^2 + Q^2},$$

$$\tan 2\pi(\chi' - \chi) = \frac{Q(1-x)h_0}{(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2},$$

$$\cos 2\pi(\chi' - \chi) = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 2\pi(\chi' - \chi)}}$$

$$= \frac{(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2}{\sqrt{[(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2]^2 + Q^2(1-x)^2 h_0^2}};$$

d'où

$$CR \cos 2\pi(\chi' - \chi) = CK' \frac{[(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2] \sqrt{(P + x h_0)^2 + Q^2}}{\sqrt{[(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2]^2 + Q^2(1-x)^2 h_0^2}}.$$

» Lorsqu'un état de régime se sera établi, nous aurons donc la relation

$$CK' \frac{[(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2] \sqrt{(P + x h_0)^2 + Q^2}}{\sqrt{[(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2]^2 + Q^2(1-x)^2 h_0^2}} = \frac{1}{2\pi\alpha\mu} \sqrt{(P + h_0)^2 + Q^2}$$

ou, en élevant au carré et posant $2\pi\alpha\mu CK' = X$,

$$[(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2] [X^2(P + x h_0)^2 - (P + h_0)^2 - (X^2 - 1)Q^2] \\ = Q^2(1-x^2)h_0^2[(P + h_0)^2 + Q^2].$$

» Cette équation, où le coefficient x doit être considéré comme une fonction du voltage h_0 , peut être résolue par rapport à h_0 . Elle nous fait connaître le voltage développé par un alternateur muni de notre excitatrice, en fonction de son débit.

» Nous avons raisonné, dans ce qui précède, en supposant que l'on avait affaire à un alternateur à courants polyphasés. La même théorie s'applique au cas de l'alternateur à courant alternatif simple, lorsque son excitatrice a reçu les modifications convenables qui ont été décrites précédemment.

» *Observation.* — Nous avons supposé que le coefficient K demeurerait constant. S'il en était ainsi, quelle que fût l'intensité des courants fournis, le débit de l'alternateur, à voltage constant, pourrait acquérir une valeur quelconque et son armature risquerait d'être brûlée, en cas de court-circuit.

» Il suffira de constituer le circuit magnétique de l'anneau A de l'excitatrice, de manière qu'il se sature si le débit de l'alternateur dépasse sa valeur normale.

» Dans ces conditions, l'intensité des flux qui pourront être développés dans l'excitatrice et, par suite, l'intensité du courant d'excitation et celle du débit de l'alternateur tendront vers des limites bien déterminées. On pourra ainsi faire en sorte qu'en cas de court-circuit, le débit de l'alternateur ne puisse dépasser de 50 pour 100 sa valeur normale.

V.

COMPOUNDAGE DES ALTERNATEURS A VOLTAGE CONSTANT.

» Faisons, dans l'équation précédente, $X = 1$; elle devient

$$\begin{aligned} & [(P + h_0)(P + x h_0) + Q^2][(P + x h_0)^2 - (P + h_0)^2] \\ & = Q^2(1 - x^2)h_0[(P + h_0)^2 + Q^2]. \end{aligned}$$

» Elle est satisfaite lorsque l'on a $x = 1$, c'est-à-dire lorsque le voltage h_0 a pris une valeur telle que l'on ait $K = K'$.

» Le coefficient K diminuant à mesure que le voltage h_0 augmente, pour de petites valeurs de ce voltage on devra avoir $K > K'$.

» Nous allons montrer que, si l'alternateur sert de machine génératrice et alimente un réseau se comportant comme un conducteur ayant une résistance et un coefficient de self-induction quelconques mais tous deux positifs, ce qui sera le cas général, l'équation précédente ne pourra être satisfaite si l'on a $x \geq 1$.

» La quantité h_0 doit être considérée comme une quantité positive, par définition. On a alors $a > 0$, $b > 0$; d'où

$$P = \rho a + 2\pi\alpha\lambda b > 0.$$

» Supposons que l'on ait $x > 1$, $h_0 > 0$, $P > 0$. On a

$$\begin{aligned} (P + h_0)(P + x h_0) + Q^2 & > (P + h_0)^2 + Q^2, \\ (P + h_0)(P + x h_0) + Q^2 & > Q^2, \\ (P + x h_0)^2 - (P + h_0)^2 & = h_0^2(x^2 - 1) + 2Ph_0(x - 1) \\ & = h_0(x - 1)[h_0(x + 1) + 2P]. \end{aligned}$$

» Enfin, on a toujours

$$h_0(x - 1)[h_0(x + 1) + 2P] > (1 - x)^2 h_0^2.$$

» En effet, divisons les deux membres par la quantité positive $(x - 1)$; il vient

$$h_0^2(x + 1) + 2Ph_0 > (x - 1)h_0^2.$$

ou

$$h_0 + P > 1,$$

inégalité qui sera toujours satisfaite, puisque l'on a $h_0 > 0$, $P > 0$.

» Il en résulte que le premier membre de l'équation précédente sera toujours plus grand que le second, tant que l'on aura $x > 1$.

» Supposons que l'on ait $x < 1$. Le premier membre sera essentiellement négatif et le second essentiellement positif.

» Donc, pour toute valeur du voltage h_0 inférieure à celle pour laquelle on a $K = K'$, la force électromotrice développée par l'alternateur est plus grande que celle qui correspond au maintien du voltage h_0 . Un état de régime ne peut s'établir et le voltage croît jusqu'à ce que l'on ait $K = K'$, c'est-à-dire $x = 1$.

» Pour toute valeur du voltage h_0 supérieure à celle pour laquelle on a $K = K'$, la force électromotrice développée dans l'alternateur est plus petite que celle qui correspond au maintien du voltage h_0 . Un état de régime ne peut s'établir et le voltage diminue jusqu'à ce que l'on ait $K = K'$.

» Au moment de la mise en marche, le magnétisme rémanent des inducteurs de l'alternateur développe un petit voltage aux bornes de ses circuits d'armature. Celui-ci va nécessairement en croissant, d'après ce qui vient d'être dit, et l'excitatrice s'amorce comme une machine à courant continu ordinaire. Dès qu'un état de régime est obtenu, l'alternateur développe un voltage déterminé entre ses bornes, dont la grandeur demeure constante, quelles que soient les variations du débit.

» Nous avons supposé que le calage des balais de l'excitatrice demeurerait invariable : on n'aura pas à redouter, cependant, la production d'étincelles à ses balais, car sa réaction d'induit est rendue artificiellement nulle par l'action des circuits qui entourent ses anneaux extérieurs fixes.

» Il résulte de ce qui précède que l'emploi de l'excitatrice décrite ci-dessus permet de donner à tout alternateur, à courants alternatifs simples ou polyphasés, la propriété de développer un voltage constant, quelles que soient les variations de son débit. Ce résultat est obtenu naturellement et sans l'intervention d'aucun appareil de réglage.

» La méthode que nous proposons est analogue à celle employée dans le compoundage des machines à courant continu et doit avoir la même efficacité.

» Nous avons toujours supposé constants les coefficients d'induction de l'alternateur. Ses circuits magnétiques pourront donc être toujours dans un état éloigné de la saturation. Dès lors, les pertes par hystérésis pourront être réduites au minimum et le coût de l'excitation pourra être rendu aussi petit que possible.

VI.

ACCOUPLEMENT DES ALTERNATEURS COMPOUNDÉS A VOLTAGE CONSTANT.

» Puisque les alternateurs doivent fournir un voltage constant, on aura à les accoupler en parallèle.

» Supposons que chacun des circuits d'armature de l'alternateur soit branché entre les bornes d'une source à voltage constant. Soit $h_0 \sin 2\pi\alpha t$ le voltage d'un des circuits de l'alternateur, $h_0 \sin 2\pi(\alpha t - \varphi)$ celui de la source qui lui est opposée, r et l la résistance et le coefficient de self-induction du conducteur servant à effectuer le branchement.

» Désignons par

$$i = a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t$$

l'intensité du courant débité par le circuit considéré de l'alternateur. Nous aurons

$$\begin{aligned} h_0 \sin 2\pi\alpha t - h_0 \sin 2\pi(\alpha t - \varphi) \\ = r(a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t) + 2\pi\alpha l(a \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t), \end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned} a &= h_0 \frac{r(1 - \cos 2\pi\varphi) + 2\pi\alpha l \sin 2\pi\varphi}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}, \\ b &= h_0 \frac{2\pi\alpha l(1 - \cos 2\pi\varphi) - r \sin 2\pi\varphi}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}. \end{aligned}$$

» Si nous désignons, comme précédemment, par

$$M = \mu \cos 2\pi(\alpha t + \chi)$$

le coefficient d'induction mutuelle de l'inducteur et du circuit considéré de l'alternateur, nous savons que l'on a

$$\tan 2\pi\chi = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0},$$

d'où

$$\begin{aligned} \tan 2\pi\chi \\ = \frac{2\pi\alpha(\lambda r - \rho l)(1 - \cos 2\pi\varphi) + (\rho r + 4\pi^2\alpha^2\lambda l) \sin 2\pi\varphi}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2 + (\rho r + 4\pi^2\alpha^2\lambda l)(1 - \cos 2\pi\varphi) + 2\pi\alpha(\lambda \rho - r l) \sin 2\pi\varphi}. \end{aligned}$$

» Si le voltage développé par le circuit considéré de l'alternateur a pris une avance de phase φ par rapport à celui de la source sur laquelle il a été branché, le mouvement de l'alternateur aura pris en même temps une avance de phase égale à $(\varphi + \chi)$.

» Supposons que l'on ait réalisé la condition $r = 2\pi\alpha l$, ce qui sera toujours facile, puisque le circuit qui a cette résistance et cette self-induction est un circuit d'accouplement. On a, tous calculs faits,

$$\begin{aligned} \tan 2\pi(\varphi + \chi) \\ = \frac{2\pi\alpha\lambda(1 - \cos 2\pi\varphi - \sin 2\pi\varphi) - \rho(1 - \cos 2\pi\varphi + \sin 2\pi\varphi) - 2r \sin 2\pi\varphi}{2\pi\alpha\lambda(1 - \cos 2\pi\varphi + \sin 2\pi\varphi) + \rho(1 - \cos 2\pi\varphi - \sin 2\pi\varphi) - 2r}. \end{aligned}$$

» L'angle $2\pi(\varphi + \chi)$ croit d'abord beaucoup plus vite que l'angle $2\pi\varphi$. En effet, pour toute valeur de $2\pi\varphi$ comprise entre 0 et $\frac{\pi}{2}$, le numérateur de l'expression précédente est négatif.

» Pour $2\pi\varphi = 0$, le dénominateur est égal à $-2r$, mais, pour toute valeur de $2\pi\varphi$ comprise entre 0 et $\frac{\pi}{2}$, le coefficient de $2\pi\alpha\lambda$ est positif.

» Le terme $2\pi\alpha\lambda$ étant très grand par rapport aux résistances ρ et r , il suffira de donner une très petite valeur $2\pi\varphi$, à l'angle $2\pi\varphi$ pour annuler le dénominateur et pour faire

$$\tan 2\pi(\varphi + \chi) = \infty, \quad \text{d'où} \quad 2\pi(\varphi + \chi) = \frac{\pi}{2}.$$

» Mais, cela fait, les variations de l'angle $2\pi(\varphi + \chi)$ deviennent sensiblement deux fois moins rapides que celles de l'angle $2\pi\varphi$.

» Pour nous en rendre compte, remarquons que, dès que l'angle $2\pi\varphi$ a pris une valeur appréciable, le terme $2\pi\alpha\lambda$ étant très grand par rapport aux résistances r et ρ , on a très sensiblement :

$$\tan 2\pi(\varphi + \chi) = \frac{1 - \cos 2\pi\varphi - \sin 2\pi\varphi}{1 - \cos 2\pi\varphi + \sin 2\pi\varphi}.$$

» Cette formule nous permet de calculer $\tan 2\pi(\varphi + \chi)$ en fonction de $2\pi\varphi$ et, par suite, les variations de l'angle $2\pi\varphi$ en fonction de celles de l'angle $2\pi(\varphi + \chi)$. Nous obtenons ainsi les résultats suivants :

$2\pi(\varphi + \chi).$	$2\pi\varphi.$	$2\pi(\varphi + \chi).$	$2\pi\varphi.$	$2\pi(\varphi + \chi).$	$2\pi\varphi.$	$2\pi(\varphi + \chi).$	$2\pi\varphi.$
-50°	-10°	-75°	-50°	140°	10°	165°	60°
-55	-20	-80	-70	145	20	170	70
-60	-30	-85	-80	150	30	175	80
-65	-40	-90	-90	155	40	180	90
-70	-50	»	»	160	50	»	»

» On voit, en comparant les nombres précédents, que, dès que le mouvement de notre alternateur a pris une avance $2\pi(\varphi + \chi)$ par rapport à la phase de la force électromotrice de la source entre les bornes de laquelle il est branché, supérieure à certaines limites, si cette avance continue à augmenter, il en résulte, pour la phase $2\pi\varphi$ du voltage développé par l'alternateur entre ses bornes, un accroissement très sensiblement deux fois plus grand.

» Cet alternateur développant un voltage constant entre ses bornes, quel que soit son débit, les choses se passent comme si l'on avait affaire à un alternateur ordinaire, excité par un courant continu d'intensité invariable, directement branché entre les bornes de la source et dont les circuits d'armature auraient une résistance r et un coefficient de self-induction l .

» Si la condition d'Hopkinson : $\rho = 2\pi\alpha l$ est réalisée, comme nous l'avons supposé précédemment, cet alternateur aurait une aptitude extraordinaire au couplage en parallèle, dans le cas où les variations de phase de la force électromotrice développée par lui seraient égales à celles des variations du coefficient d'induction mutuelle de son inducteur et de son armature, ce qui arriverait si l'inducteur était excité par un courant continu d'intensité invariable.

» Il en sera de même, *a fortiori*, si à une variation de phase donnée de ce coefficient d'induction mutuelle correspond une variation de phase double pour la force électromotrice. En effet, la variation du couple développé sur l'axe de l'alternateur, par une même variation de phase de son mouvement, sera plus considérable dans ce cas que dans le précédent.

» Ce que nous venons de dire étant indépendant des grandeurs et des signes des quantités a et b s'applique immédiatement au cas où l'alternateur est employé comme réceptrice, lorsque le voltage main-

tenu à ses bornes par le réseau est égal à celui qu'il développerait en fonctionnant comme génératrice.

» Dans ces conditions, il pourra fournir du courant déwatté au réseau, le terme b pouvant être positif, alors que le terme a est négatif.

» Nous pourrions examiner ce qui arriverait si l'on accouplait entre eux des alternateurs fournissant des voltages différents, lorsqu'on les fait fonctionner individuellement comme génératrices. On trouverait que le voltage obtenu serait celui de l'alternateur produisant le voltage maximum. Mais ce dernier devrait fournir à tous les autres les courants déwattés nécessaires pour augmenter leur excitation.

» Il résulte de ce qui précède que l'emploi de notre excitatrice doit donner aux alternateurs qui en sont munis, bien que leur réaction d'induit puisse être aussi grande que l'on voudra, qu'ils fonctionnent comme générateurs ou comme moteurs, une faculté de s'accoupler en parallèle avec d'autres appareils du même genre, bien supérieure à celle que possèdent les alternateurs ordinaires à très faible réaction d'induit, mais excités par un courant continu d'intensité invariable.

VII.

SÉPARATION DE L'ALTERNATEUR ET DE L'EXCITATRICE.

» L'excitatrice que nous venons d'étudier doit tourner synchroniquement avec son alternateur.

» Pour les petits alternateurs à grande vitesse de rotation, il est naturel de monter les deux machines sur le même axe en leur donnant les mêmes nombres de pôles.

» Cette solution devient impraticable si l'alternateur a un grand nombre de pôles et tourne lentement. On pourrait alors faire tourner l'excitatrice plus rapidement, en reliant son axe à celui de l'alternateur par un train d'engrenages.

» Mais la solution suivante, qui s'imposerait si l'on voulait adapter cette excitatrice à un alternateur déjà existant, sera la plus avantageuse dans la plupart des cas.

» Nous avons supposé que les anneaux extérieurs fixes de l'excitatrice portaient un *enroulement compensateur* destiné à annuler

artificiellement la réaction d'induit de son enroulement d'armature à courant continu. Nous pouvons lui superposer un second enroulement que nous appellerons *enroulement inducteur* qui, traversé par le même courant, sera capable de développer des pôles situés à 90° de ceux développés par le premier.

» Cet enroulement inducteur engendrera un flux dont l'intensité sera constante, tant que le débit de l'alternateur sera le même et qui se développera à travers les anneaux de l'excitatrice.

» Cette machine pourra donc être assimilée à un véritable transformateur tournant qui, une fois lancé, tournera synchroniquement avec l'alternateur, en lui demandant l'énergie nécessaire pour la production du courant d'excitation.

» La théorie suivante montre que rien ne sera changé au fonctionnement de l'excitatrice, si l'enroulement de l'inducteur est fait de telle manière que l'excitatrice étant fermée sur l'inducteur de l'alternateur ne puisse s'amorcer d'elle-même, lorsqu'on la fait tourner à sa vitesse normale, sans l'exciter en même temps par des courants alternatifs.

» 1° *Flux développés dans l'anneau B.* — Nous supposerons, pour fixer les idées, que l'excitatrice est adjointe à un alternateur à courants biphasés.

» L'anneau B portera deux circuits décalés de 90° . Nous appellerons r et l la résistance et le coefficient de self-induction de chacun d'eux et nous désignerons par $O\Phi$ (*fig. 8*), la direction fixe dans l'espace du flux engendré par les circuits inducteurs.

» Le coefficient d'induction mutuelle du premier circuit mobile avec le circuit inducteur aura pour expression $M_1 = \mu \sin 2\pi(\alpha t + \chi)$.

» Nous compterons l'angle $2\pi\chi$ à partir de la direction $O\Phi$ et dans le sens du mouvement des anneaux, représenté par une flèche sur la *fig. 8*.

» Le coefficient d'induction mutuelle du deuxième circuit mobile avec le circuit inducteur aura pour expression

$$M_2 = \mu \cos 2\pi(\alpha t + \chi).$$

» Le premier circuit mobile supporte une différence de potentiels $h_1 = h_0 \sin 2\pi\alpha t$ et le second une différence de potentiels

$$h_2 = h_0 \cos 2\pi\alpha t.$$

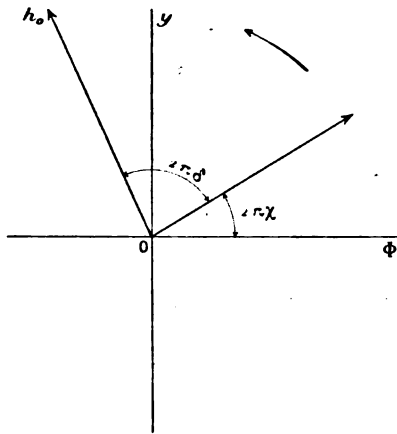
» Désignons par :

$i_1 = c \sin 2\pi(\alpha t + \psi)$ l'intensité du courant dans le premier circuit mobile,

$i_2 = c \cos 2\pi(\alpha t + \psi)$ l'intensité du courant dans le second circuit mobile,

J l'intensité du courant inducteur.

Fig. 8.



» Nous aurons

$$h_0 \sin 2\pi\alpha t = rc \sin 2\pi(\alpha t + \psi) + 2\pi\alpha lc \cos 2\pi(\alpha t + \psi) + 2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi(\alpha t + \chi),$$

$$h_0 \cos 2\pi\alpha t = rc \cos 2\pi(\alpha t + \psi) - 2\pi\alpha lc \sin 2\pi(\alpha t + \psi) - 2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi(\alpha t + \chi);$$

d'où l'on tire

$$c \cos 2\pi\psi = \frac{r(h_0 + 2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi\chi) - 2\pi\alpha l(2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi\chi)}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2},$$

$$c \sin 2\pi\psi = \frac{r(2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi\chi) - 2\pi\alpha l(h_0 + 2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi\chi)}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}.$$

» Appelons φ_1 le flux développé suivant la direction $O\Phi$ et φ_2 celui développé suivant la direction Oy perpendiculaire à $O\Phi$ (fig. 8).

» Nous désignerons par Λ le coefficient de self-induction du circuit inducteur et par N son nombre de spires.

» On a

$$\varphi_1 = \frac{\Lambda}{N} J + \frac{1}{N} (M_1 i_1 + M_2 i_2),$$

d'où

$$\varphi_1 = \frac{\Lambda}{N} J + \frac{\mu c}{N} [\sin 2\pi(\alpha t + \psi) \sin 2\pi(\alpha t + \chi) + \cos 2\pi(\alpha t + \psi) \cos 2\pi(\alpha t + \chi)],$$

$$\varphi_1 = \frac{\Lambda}{N} J + \frac{\mu}{N} c \cos 2\pi(\chi - \psi),$$

d'où

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Lambda}{N} - \frac{4\pi^2 \alpha^2 \mu l}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2} \frac{\mu}{N} \right) J + \frac{\mu}{N} h_0 \left(\frac{r \cos 2\pi\chi - 2\pi\alpha l \sin 2\pi\chi}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2} \right).$$

» On a de même

$$\varphi_2 = \frac{1}{N} [\mathbf{M}_2 i_1 - \mathbf{M}_1 i_2],$$

ou

$$\varphi_2 = \frac{\mu c}{N} [\sin 2\pi(\alpha t + \psi) \cos 2\pi(\alpha t + \chi) - \cos 2\pi(\alpha t + \psi) \sin 2\pi(\alpha t + \chi)],$$

$$\varphi_2 = -\frac{\mu c}{N} \sin 2\pi(\chi - \psi),$$

d'où

$$\varphi_2 = \frac{2\pi\alpha\mu r}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2} \frac{\mu}{N} J - \frac{\mu}{N} h_0 \frac{r \sin 2\pi\chi + 2\pi\alpha l \cos 2\pi\chi}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}.$$

» On peut considérer le flux développé dans l'anneau B comme la somme de deux flux : le premier est proportionnel à l'intensité J et a pour expression

$$\frac{J}{(r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2) N} \sqrt{[r^2 \Lambda + 4\pi^2 \alpha^2 l(\Lambda l - \mu^2)]^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \mu^4 r^2}.$$

Sa direction est fixe dans l'espace et fait avec la direction OΦ un angle 2πβ tel que

$$\tan 2\pi\beta = \frac{2\pi\alpha\mu^2 r}{r^2 \Lambda + 4\pi^2 \alpha^2 l(\Lambda l - \mu^2)}.$$

Le second est proportionnel au voltage h_0 et a pour expression

$$\frac{\mu}{N} h_0 \frac{1}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}}.$$

Sa direction dans l'espace fait avec la direction OΦ un angle 2πγ tel que

$$\tan 2\pi\gamma = \frac{r \sin 2\pi\chi + 2\pi\alpha l \cos 2\pi\chi}{r \cos 2\pi\chi - 2\pi\alpha l \sin 2\pi\chi}.$$

» Posons

$$\tan 2\pi\delta = \frac{2\pi\alpha l}{r}.$$

» Il vient

$$\operatorname{tang} 2\pi\gamma = \frac{\cos 2\pi\delta \sin 2\pi\chi + \sin 2\pi\delta \cos 2\pi\chi}{\cos 2\pi\delta \cos 2\pi\chi - \sin 2\pi\delta \sin 2\pi\chi}$$

d'où

$$\operatorname{tang} 2\pi\gamma = \operatorname{tang} 2\pi(\chi + \delta) \quad \gamma = \chi + \delta,$$

» L'angle $2\pi\delta$ étant constant, la direction de ce second flux variera dans l'espace avec l'angle $2\pi\chi$ et pourra être représentée par la ligne Oh_0 de la *fig.* 8.

» Les deux composantes φ'_1 et φ'_2 de ce flux, suivant les directions $O\Phi$ et $O\gamma$, ont pour expressions

$$\varphi'_1 = \frac{\mu}{N} \frac{h_0}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \cos 2\pi(\chi + \delta), \quad \varphi'_2 = -\frac{\mu}{N} \frac{h_0}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \sin 2\pi(\chi + \delta).$$

» 2° *Flux développés dans l'anneau A.* — Cet anneau possède aussi deux circuits décalés de 90° qui seront parcourus par des courants d'intensités

$$j_1 = a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t, \quad j_2 = a \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t.$$

Nous appellerons L le coefficient de self-induction de son circuit inducteur et supposerons qu'il ait aussi N spires.

» Les deux circuits de cet anneau seront décalés, par rapport à ceux de l'anneau B, d'un angle égal à

$$2\pi\omega = 2\pi(\delta + \omega'),$$

l'angle $2\pi\omega'$ étant tel que l'on ait, en désignant par ρ et λ la résistance et le coefficient de self-induction de chacun des circuits d'armature de l'alternateur,

$$\sin 2\pi\omega' = \frac{-2\pi\alpha\lambda}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}} \quad \cos 2\pi\omega' = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}.$$

Dès lors, les coefficients d'induction mutuelle des deux circuits mobiles de cet anneau avec son circuit inducteur auront des expressions de la forme

$$m_1 = m_0 \sin 2\pi(\alpha t + \chi + \omega), \quad m_2 = m_0 \cos 2\pi(\alpha t + \chi + \omega).$$

» Appelons ψ_1 et ψ_2 les flux développés suivant les directions $O\Phi$

et Oy , nous avons

$$\psi_1 = \frac{1}{N} \{ \mathbf{LJ} + [(a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t) \sin 2\pi(\alpha t + \chi + \omega) + (a \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t) \cos 2\pi(\alpha t + \chi + \omega)] \},$$

ou

$$\psi_1 = \frac{1}{N} \{ \mathbf{LJ} + m_0 [\cos 2\pi\chi (a \cos 2\pi\omega - b \sin 2\pi\omega) - \sin 2\pi\chi (a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega)] \}.$$

Nous avons de même

$$\psi_2 = \frac{1}{N} [m_2 j_1 - m_1 j_2],$$

d'où

$$\psi_2 = \frac{m_0}{N} [-\cos 2\pi\chi (a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega) - \sin 2\pi\chi (a \cos 2\pi\omega - b \sin 2\pi\omega)].$$

Les flux développés dans l'anneau A peuvent être considérés comme la somme de deux flux :

» Le premier, toujours dirigé suivant la direction $O\Phi$, est simplement proportionnel à l'intensité J.

» Le second est fonction du débit de l'alternateur et sa direction est variable.

» *Intensité J.* — Nous supposons les balais de l'excitatrice calés perpendiculairement à la direction $O\Phi$ du champ développé par l'enroulement inducteur.

» Seuls les flux ayant cette direction $O\Phi$ serviront au développement d'une force électromotrice entre ces balais.

» Ces flux pourront être considérés comme la somme : d'un premier flux f_1 , simplement proportionnel à l'intensité et égal à

$$f_1 = \left[\frac{\Delta + \mathbf{L}}{N} - \frac{4\pi^2\alpha^2\mu^2 l}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2} \right] \mathbf{J};$$

d'un second flux F_1 , fonction du débit de l'alternateur et égal à

$$F_1 = \frac{\mu}{N} \frac{h_0}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \cos 2\pi(\chi + \delta) + \frac{m_0}{N} [\cos 2\pi\chi (a \cos 2\pi\omega - b \sin 2\pi\omega) - \sin 2\pi\chi (a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega)].$$

» Appelons E la force électromotrice développée entre les balais, P la résistance du circuit total parcouru par le courant d'intensité J et désignons par C une constante.

» Nous pourrions écrire

$$E = C(f_1 + F_1) = PJ$$

ou

$$CF_1 = C \left(\frac{P}{C} - \frac{A + L}{N} + \frac{4\pi\alpha^2\mu^2 l}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2} \right) J.$$

Par hypothèse, la machine ne peut s'amorcer d'elle-même lorsqu'elle fonctionne, à sa vitesse normale, comme une machine à courant continu montée en série; c'est donc que l'on a

$$P > C \frac{A + L}{N}.$$

» Le coefficient de l'intensité J , dans l'expression précédente, sera donc positif et la machine ne pourra produire aucun courant, tant qu'elle ne sera pas excitée par un courant alternatif.

» Alors, les choses se passeront comme si la force électromotrice développée par les balais était simplement proportionnelle au flux F_2 et agissait sur un circuit ayant une résistance

$$P' = C \left(\frac{P}{C} - \frac{A + L}{N} + \frac{4\pi^2\alpha^2\mu^2 l}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2} \right)$$

» Nous aurons donc

$$J = \frac{CF_1}{P'}.$$

Nous supposons qu'une fois un régime permanent établi, le voltage h_0 ayant pris sa valeur normale, les coefficients d'induction de l'anneau B aient pris des valeurs telles que l'on ait

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2 \lambda^2}}.$$

L'expression du flux F_1 devient alors

$$F_1 = \frac{\mu}{N \sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \left\{ \begin{aligned} & h_0 \cos 2\pi(\chi + \delta) \\ & + \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2 \lambda^2} [\cos 2\pi\chi (a \cos \omega - b \sin 2\pi\omega) \\ & - \sin 2\pi\chi (a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega)] \end{aligned} \right\}.$$

Remplaçons ω par $(\omega' + \delta)$, il vient

$$F_1 = \frac{\mu}{N \sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \left\{ \begin{aligned} & h_0 \cos(\chi + \delta) \\ & + \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2 \lambda^2} [\cos 2\pi(\chi + \delta) (a \cos 2\pi\omega' - b \sin 2\pi\omega') \\ & - \sin 2\pi(\chi + \delta) (a \sin 2\pi\omega' + b \cos 2\pi\omega')] \end{aligned} \right\}.$$

Mais on a

$$\sin 2\pi\omega' = \frac{-2\pi\alpha\lambda}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}, \quad \cos 2\pi\omega' = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}.$$

Il vient en définitive

$$F_1 = \frac{\mu}{N\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2l^2}} [(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) \cos 2\pi(\chi + \delta) + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \sin 2\pi(\chi + \delta)],$$

d'où, en désignant par Δ une nouvelle constante,

$$J = \Delta[(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) \cos 2\pi(\chi + \delta) + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \sin 2\pi(\chi + \delta)].$$

» *Travail moteur.* — On a pour l'anneau B

$$\mathcal{E}_1 = J \left(i_1 \frac{dM_1}{dt} + i_2 \frac{dM_2}{dt} \right),$$

$$\mathcal{E}_1 = 2\pi\alpha\mu J [c \sin 2\pi(\alpha t + \psi) \cos 2\pi(\alpha t + \chi) - c \cos 2\pi(\alpha t + \psi) \sin 2\pi(\alpha t + \chi)],$$

$$\mathcal{E}_1 = -2\pi\alpha\mu J (\sin 2\pi\chi c \cos 2\pi\psi - \cos 2\pi\chi c \sin 2\pi\psi),$$

$$\mathcal{E}_1 = -2\pi\alpha\mu J \frac{h_0(r \sin 2\pi\chi + 2\pi\alpha l \cos 2\pi\chi) + 2\pi\alpha\mu r J}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}.$$

Mais on a

$$\cos 2\pi\delta = \frac{l}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}}, \quad \sin 2\pi\delta = \frac{2\pi\alpha l}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}},$$

d'où

$$\mathcal{E}_1 = -\frac{2\pi\alpha\mu J}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} [h_0 \sin 2\pi(\chi + \delta) + 2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi\delta].$$

On a pour l'anneau A

$$\mathcal{E}_2 = J \left(j_1 \frac{dm_1}{dt} + j_2 \frac{dm_2}{dt} \right),$$

d'où

$$\mathcal{E}_2 = 2\pi\alpha m_0 J [(a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t) \cos 2\pi(\alpha t + \chi + \omega) - (a \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t) \sin 2\pi(\alpha t + \chi + \omega)],$$

$$\mathcal{E}_2 = 2\pi\alpha m_0 J [-a \sin 2\pi(\chi + \omega) - b \cos 2\pi(\chi + \omega)],$$

ou, en posant $\omega = \delta + \omega'$,

$$\mathcal{E}_2 = -2\pi\alpha m_0 J [\sin 2\pi(\chi + \delta) (a \cos 2\pi\omega' - b \sin 2\pi\omega') + \cos 2\pi(\chi + \delta) (a \sin 2\pi\omega' + b \cos 2\pi\omega')],$$

ou, en remplaçant $\sin 2\pi\omega'$ et $\cos 2\pi\omega'$ par leurs valeurs en fonction de ρ et λ ,

$$\mathfrak{E}_2 = - \frac{2\pi\alpha m_0 J}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}} [\sin 2\pi(\gamma + \delta)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b) - \cos 2\pi(\gamma + \delta)(2\pi\alpha\lambda a - \rho b)].$$

» Le travail total $\mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2$ a pour expression, en se souvenant que l'on a

$$\begin{aligned} \frac{\mu}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}} &= \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}, \\ \mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2 &= - \frac{2\pi\alpha m_0 J}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}} [\sin 2\pi(\gamma + \delta)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) - \cos 2\pi(\gamma + \delta)(2\pi\alpha\lambda a - \rho b)] \\ &\quad - \frac{2\pi\alpha\mu J^2 \cos 2\pi\delta}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}. \end{aligned}$$

» Ce travail total doit être égal, à chaque instant, au produit PJ^2 , la résistance P étant la résistance réelle du circuit total parcouru par le courant d'excitation.

» On doit donc avoir, en désignant par Q une constante facile à déterminer,

$$\begin{aligned} \sin 2\pi(\gamma + \delta)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) - \cos 2\pi(\gamma + \delta)(2\pi\alpha\lambda a - \rho b) &= QI \\ &= Q\Delta[(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) \cos 2\pi(\gamma + \delta) + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \sin 2\pi(\gamma + \delta)] \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} (\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)[\sin 2\pi(\gamma + \delta) - Q\Delta \cos 2\pi(\gamma + \delta)] \\ = (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)[- \cos 2\pi(\gamma + \delta) - Q\Delta \sin 2\pi(\gamma + \delta)]; \end{aligned}$$

posons

$$Q\Delta = \tan 2\pi\varepsilon,$$

il vient

$$\begin{aligned} \frac{\tan 2\pi(\gamma + \delta) - \tan 2\pi\varepsilon}{1 + \tan 2\pi(\gamma + \delta)\tan 2\pi\varepsilon} &= \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0}, \\ \tan 2\pi(\gamma + \delta - \varepsilon) &= \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0}. \end{aligned}$$

» *Courant fourni par l'excitatrice.* — L'expression de l'intensité J devient

$$\Delta\sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2} [\cos 2\pi(\gamma + \delta - \varepsilon) \cos 2\pi(\gamma + \delta) + \sin 2\pi(\gamma + \delta - \varepsilon) \sin 2\pi(\gamma + \delta)]$$

ou enfin

$$J = \Delta \cos 2\pi\varepsilon \sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}.$$

» Le terme $\Delta \cos 2\pi \varepsilon$ étant constant, nous voyons que le courant fourni par l'excitatrice aura, à chaque instant, la même valeur que si l'axe de cette machine était rendu solidaire de celui de son alternateur.

» *Tenue des balais du collecteur.* — Pour qu'il n'y ait pas d'étincelles aux balais, il faut que l'intensité du flux développé suivant la direction Oy soit proportionnelle à l'intensité J et que l'on puisse disposer à volonté de son coefficient de proportionnalité.

» La première condition est naturellement satisfaite. En effet, si nous cherchons l'expression du flux F_2 développé suivant la direction Oy, comme nous l'avons fait pour le flux F_1 dirigé suivant la direction OΦ, nous trouvons que l'on a

$$F_1 = \frac{\mu}{N\sqrt{r^2 + 4\pi^2 a^2 l^2}} [\sin 2\pi(\gamma + \delta)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \cos 2\pi(\gamma + \delta)]$$

ou, puisque l'on a $\tan 2\pi(\gamma + \delta - \varepsilon) = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0}$,

$$F = \frac{-\mu \sin 2\pi \varepsilon}{N\sqrt{r^2 + 4\pi^2 a^2 l^2}} \sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}.$$

» Ce flux est donc proportionnel à l'intensité J. Comme il en est de même pour le flux f_2 dirigé suivant la même direction, la somme des flux ayant la direction Oy, que développeront l'enroulement inducteur et les circuits à courants alternatifs des anneaux de l'excitatrice, sera proportionnelle à l'intensité J.

» La seconde condition peut être satisfaite de la manière suivante :

» Nous avons supposé, jusqu'à présent, que l'enroulement compensateur détruisait le flux engendré par l'armature, et réciproquement. Supposons maintenant que cet enroulement soit établi de manière que la somme des flux ayant la direction Oy, et qui sont tous proportionnels à l'intensité J, ait, à chaque instant, la valeur voulue pour que la commutation se fasse bien.

» Rien ne sera changé dans le fonctionnement du système. En effet, la force électromotrice développée entre les balais par les flux engendrés par l'armature et l'enroulement compensateur sera nulle. L'expression de l'intensité J ne variera pas.

» D'autre part, lorsque nous avons évalué le travail moteur fourni par les courants alternatifs, nous avons simplement supposé que le champ inducteur avait une intensité proportionnelle à l'intensité J du courant d'excitation et une direction constante que nous avons appelée $O\Phi$.

» Dans le cas actuel, il en est toujours ainsi. Nous observerons seulement que, au lieu de se confondre avec l'axe des bobines inductrices, la direction $O\Phi$ se confond maintenant avec la direction de la résultante des champs développés par les *enroulements inducteur et compensateur* et par l'armature à courant continu de l'excitatrice.

» Donc, nous pourrions assurer une bonne commutation, le calage des balais étant indépendant du débit, en donnant un nombre de spires convenable à l'*enroulement compensateur*.

» Mais le flux développé par cet enroulement est à angle droit avec celui développé par l'*enroulement inducteur*. On peut considérer ces deux flux comme les composantes d'un flux produit par un inducteur unique, convenablement calé par rapport aux balais.

» Adoptons cette disposition ; notre excitatrice sera assimilable à une machine à courant continu ordinaire, montée en série, dont il suffira de caler une fois pour toutes les balais, pour qu'il n'y ait jamais d'étincelles sur le collecteur.

» *Observation.* — On voit facilement que le travail fourni par l'anneau A est proportionnel au carré de l'intensité J du courant d'excitation et non à celui du débit $\sqrt{a^2 + b^2}$ de l'alternateur.

» Les circuits à courants alternatifs de l'anneau A étant montés en série avec ceux de l'alternateur, les choses se passeront comme si la résistance de chacun des circuits d'armature de l'alternateur variait avec son débit. Il en serait de même pour son coefficient de self-induction.

» Ces effets seront très faibles car les forces électromotrices développées dans le prolongement des circuits de l'armature de l'alternateur, disposés autour de l'anneau A, seront toujours très petites par rapport à celles dont ces mêmes circuits seront le siège, dans l'alternateur.

» D'un autre côté, nous avons considéré comme constants les coefficients d'induction de l'alternateur, quel que soit son débit. Il

arrivera, le plus souvent, que les variations de l'impédance de l'armature de l'alternateur, dues aux variations de son débit, seront supérieures à celles que nous venons de signaler.

» Mais, si le circuit magnétique de l'anneau B est très fortement saturé lorsque le voltage a pris sa valeur normale, ce dernier ne s'en maintiendra pas moins très sensiblement constant.

» En effet, nous avons vu que, si le flux développé par les circuits à courants alternatifs de l'anneau A était égal à $K' i \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}$, et si celui développé par les circuits à courants alternatifs de l'anneau B était égal à $K h_0$, il ne pouvait y avoir établissement d'un état de régime que lorsque le voltage h_0 avait pris une valeur telle que l'on eût $K = K'$.

» Cette condition $K = K'$ peut être remplacée par la suivante

$$\frac{\mu}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}}$$

qui a la même signification physique et que nous avons supposée remplie en dernier lieu.

» Le rapport $\frac{\mu}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}}$ va en diminuant lorsque le voltage h_0 augmente, et cela d'autant plus vite que le circuit magnétique de l'anneau B est dans un état plus voisin de la saturation.

» Donc, si le terme $\frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}}$ varie pour une cause quelconque, le terme $\frac{\mu}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}}$ varie de même; mais la variation que doit subir, pour cela, le voltage h_0 est d'autant plus petite que le circuit magnétique de l'anneau B est dans un état plus voisin de la saturation.

» Il est donc facile de faire en sorte qu'à une variation notable de l'impédance $\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}$ ne corresponde qu'une variation insignifiante du voltage h_0 .

» Dans ce qui précède, nous avons supposé, à titre d'exemple, que l'alternateur était à courants biphasés; mais on pourrait répéter les mêmes raisonnements, quel que fût le nombre des circuits décalés de l'armature de l'alternateur, même s'il était à courants alternatifs simples, pourvu que l'on eût disposé une cage d'écureuil dans les épanouissements polaires des inducteurs de l'excitatrice.

VIII.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DE L'EXCITATRICE.

- » Nous ne nous occuperons que du cas qui se présentera le plus souvent et où l'excitatrice sera séparée de son alternateur.
- » Ces dispositions sont représentées sur les *fig. 9* et *10*.

Fig. 9.

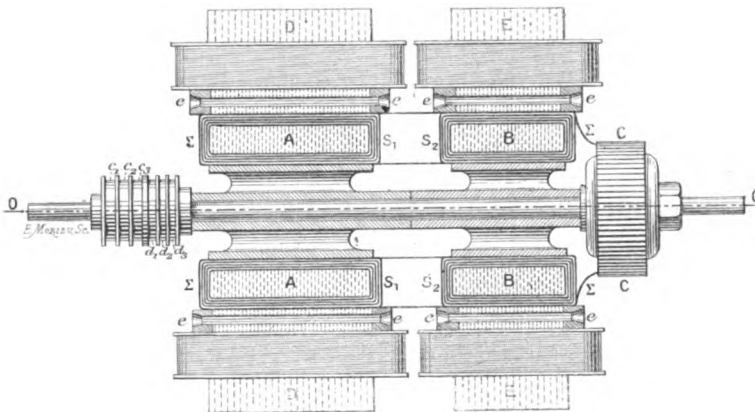
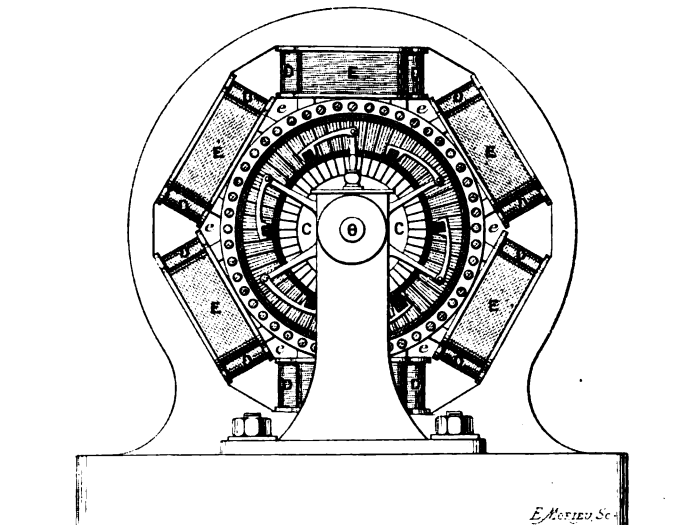


Fig. 10



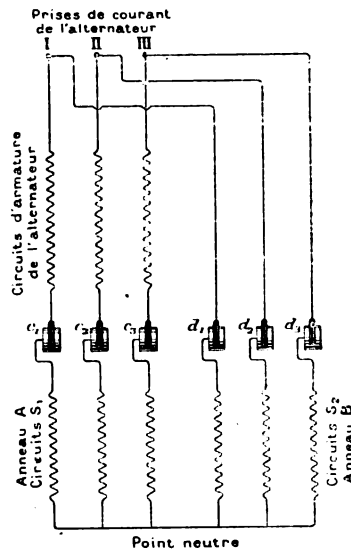
- » Nous avons supposé, sur ces figures, que l'excitatrice avait six pôles et qu'elle devait être adjointe à un alternateur à courants triphasés.

» Sur un même axe OO (*fig. 9*) sont montés les anneaux A et B qui reçoivent les enroulements à courants alternatifs $S_1 S_1$ et $S_2 S_2$ comprenant chacun trois circuits.

» Sur l'axe OO sont disposées trois bagues $c_1 c_2 c_3$ et $d_1 d_2 d_3$. Les trois circuits de chacun des enroulements $S_1 S_1$ et $S_2 S_2$ sont reliés à ceux de l'alternateur, par l'intermédiaire de ces bagues et des frotteurs qui s'appuient dessus, comme il est représenté sur la *fig. 11*.

» Le plus souvent, ou le voltage de l'alternateur sera trop grand

Fig. 11.



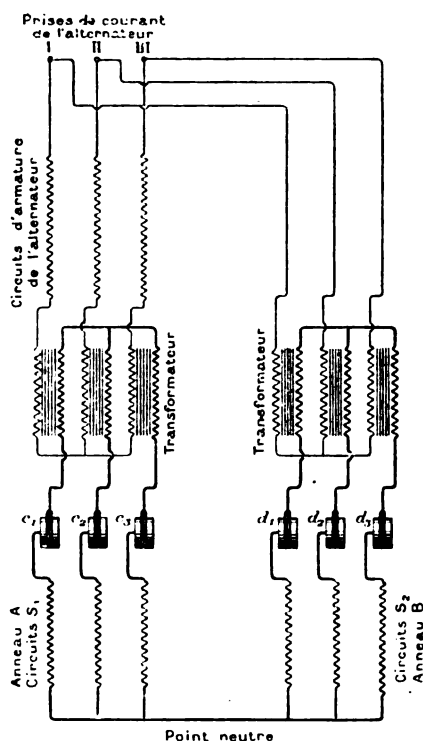
pour qu'on puisse le faire supporter à l'excitatrice, ou son débit sera trop élevé pour qu'il soit facile d'amener ses courants jusqu'à l'anneau A, en les faisant passer à travers des frotteurs et des bagues. Il conviendra alors d'intercaler un transformateur sur le passage des courants qui se rendent à l'anneau B ou à l'anneau A de l'excitatrice. Dans certains cas, il pourra y avoir intérêt à le faire sur le passage de tous les courants, comme il est représenté sur la *fig. 12*.

» On voit représenté en $\Sigma\Sigma$ (*fig. 9*) l'enroulement à courant continu qui aboutit au collecteur CC sur lequel s'appuient les six lignes de balais représentés sur la *fig. 10*.

» L'anneau A tourne au milieu de l'inducteur D et l'anneau B au

milieu de l'inducteur E (*fig. 9 et 10*). Ces deux inducteurs sont constitués suivant la méthode ordinaire et ont six pôles. Leurs bobines ont les mêmes nombres de spires, mais les noyaux de l'inducteur B ont une section plus petite que ceux de l'inducteur A,

Fig. 12.



comme on le voit sur la *fig. 10*, ce qui nous permettra de donner des perméabilités différentes aux circuits magnétiques des noyaux A et B.

» Enfin, nous avons supposé que, dans les épanouissements magnétiques de chacun des deux inducteurs, l'on avait disposé une cage d'écoreuil *eeee* (*fig. 9 et 10*). La présence de ces écrans magnétiques aura pour effet d'assurer la marche synchrone de l'excitatrice et permettra d'employer les mêmes carcasses de machines, qu'il faille exciter un alternateur à courants alternatifs simples ou un alternateur à courants polyphasés.

» On devra pouvoir régler à volonté le calage du porte-balais.

IX.

MISE EN ROUTE ET RÉGLAGE DE L'EXCITATRICE.

» 1° *Mise en route.* — Nous devons disposer d'une machine à courant continu capable d'exciter l'alternateur, lorsqu'il ne fait qu'entraîner son excitatrice fonctionnant comme moteur synchrone.

» Cette machine pourra donc être de très petites dimensions, et, comme elle ne sera utilisée qu'au moment de la mise en route de l'alternateur, la même pourra servir pour tous les alternateurs d'une usine centrale.

» Cette machine devra être montée en série.

» Le principe de la méthode de mise en route est le suivant : on excitera l'alternateur avec du courant continu, après avoir supprimé toute communication entre lui et les circuits à courants alternatifs de l'excitatrice. On lancera ensuite l'excitatrice avec du courant continu et on l'amènera à tourner avec la même vitesse que l'alternateur. On rétablira, à ce moment, les connexions entre les circuits de l'alternateur et ceux de l'excitatrice : celle-ci continuera à tourner comme un moteur synchrone et fournira une force électromotrice continue. Cela fait, on mettra la machine à courant continu hors circuit.

» Nous aurons recours au montage représenté sur la *fig.* 13.

» Supposons toujours que l'alternateur soit à courants triphasés.

» 1° Nous disposerons un groupe I de six interrupteurs sur le passage des six conducteurs qui vont de l'alternateur à l'excitatrice. Ces interrupteurs seront associés de manière à pouvoir être tous manœuvrés simultanément.

» 2° Nous monterons en série : l'excitatrice, l'excitatrice provisoire à courant continu et l'inducteur R de l'alternateur.

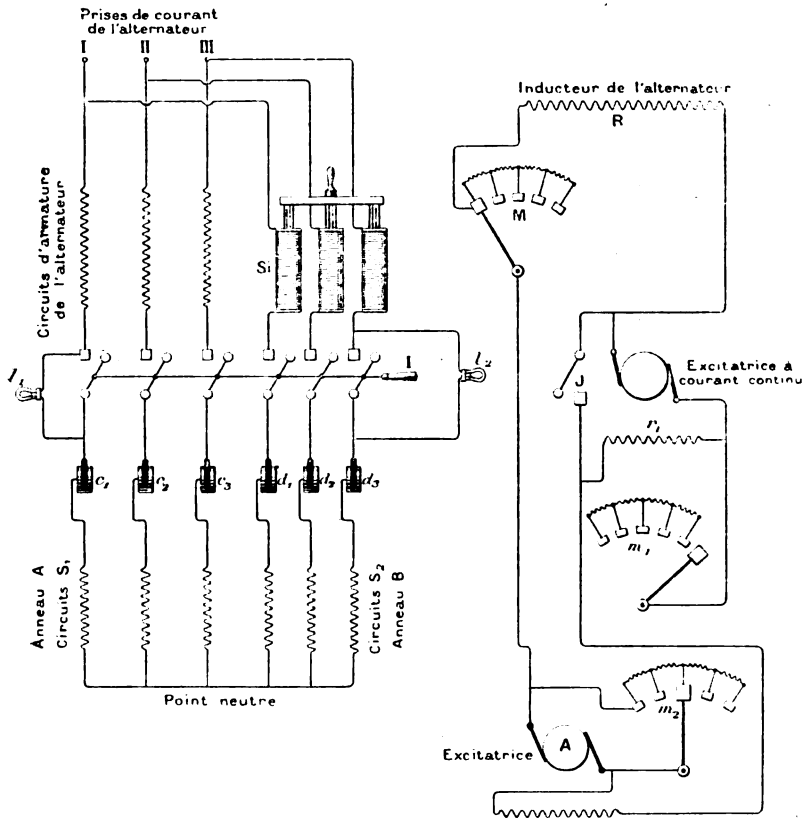
» L'inducteur r_1 de l'excitatrice provisoire à courant continu sera shunté par un rhéostat m_1 dont la résistance pourra être rendue nulle.

» L'armature A de l'excitatrice sera également shuntée par un rhéostat m_2 .

» Enfin, un interrupteur J permettra de mettre en court-circuit l'excitatrice provisoire à courant continu.

» 3° Deux des interrupteurs du groupe I seront shuntés par des lampes l_1, l_2 . Les variations d'éclat de ces lampes serviront à estimer la différence de marche de l'alternateur et de l'excitatrice, pendant la période de mise en route.

Fig. 13.



» L'alternateur tournant, ainsi que l'excitatrice provisoire à courant continu, l'excitatrice démarrera comme un moteur à courant continu ordinaire. On agira sur sa vitesse en manœuvrant le rhéostat r_2 jusqu'à ce que l'observation des lampes l_1 et l_2 montre que le synchronisme est atteint. A ce moment, on fermera l'interrupteur I et l'excitatrice continuera à tourner synchroniquement avec l'alternateur.

» On supprimera alors graduellement le shunt établi entre les balais de son collecteur pendant que l'on mettra en court-circuit l'inducteur de la machine à courant continu.

» Cela fait, on mettra en court-circuit l'excitatrice provisoire à courant continu et on l'éliminera du système.

» 2° *Réglage.* — Un réglage, dans des limites étroites, sera toujours nécessaire, comme avec toute machine, si l'on veut obtenir un voltage rigoureusement déterminé, dans des conditions données.

» Nous aurons à remplir deux conditions :

» 1°
$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}};$$

» 2° Nous avons posé

$$J = \Delta \sqrt{(ra + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2};$$

la constante Δ doit avoir une valeur bien déterminée.

» La première condition doit être satisfaite lorsque le voltage de l'alternateur a pris la valeur voulue h_0 .

» Le coefficient l peut être considéré comme la somme d'un coefficient constant l_1 et d'un coefficient l_2 variable, comme le coefficient μ , avec la perméabilité du circuit magnétique de l'anneau B :

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}} = \frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 (l_1 + l_2)^2}}.$$

» Supposons que l'on puisse faire varier le coefficient l_1 , l'expression ci-dessus tend vers 0 lorsque l_1 devient infini.

» Si, lorsque l_1 a sa valeur minima et le voltage h_0 sa valeur normale, on a

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}} > \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2 \alpha^2 \lambda^2}},$$

il sera facile de ramener ces deux termes à l'égalité en augmentant le coefficient l_1 .

» Dans ce but, nous avons disposé une bobine de self-induction variable et à trois circuits (Si) sur le parcours des courants qui vont de l'alternateur à l'anneau B (*fig. 13*).

» Pour amener la constante Δ à avoir une valeur rigoureusement déterminée, il suffira d'intercaler un rhéostat M dans le circuit de l'inducteur R de l'alternateur.

X.

CONCLUSION.

» Il est possible de réaliser le compoundage à voltage constant des alternateurs, quelles que soient leur réaction d'induit et la nature des courants qu'ils doivent fournir.

» En même temps, on donne à ces alternateurs la faculté de s'accoupler en parallèle avec d'autres alternateurs, dans des conditions de sécurité de marche bien supérieures à celles obtenues avec les alternateurs ayant la plus petite réaction d'induit.

» L'excitatrice qui nous permet d'obtenir ce résultat peut être complètement séparée de son alternateur et fonctionner comme un moteur synchrone branché sur le réseau de distribution. On peut l'adapter à un alternateur quelconque, déjà existant, sans avoir à lui faire subir aucune modification.

» Son emploi doit conduire à ne plus faire, dans l'avenir, que des alternateurs à très forte réaction d'induit qui utiliseront beaucoup mieux les matériaux que les alternateurs actuels, coûteront beaucoup moins cher et auront un meilleur rendement.

XI.

VÉRIFICATIONS EXPÉRIMENTALES.

» Une machine d'essai a été construite par la Société anonyme pour la Transmission de la force par l'Électricité, et essayée par elle dans ses ateliers de Saint-Ouen.

» C'est un alternateur de 60 kilowatts à courants biphasés et à grande réaction d'induit, muni de son excitatrice. On a donné le même nombre de pôles aux deux machines et on les a montées sur un même axe.

Renseignements relatifs à l'alternateur.

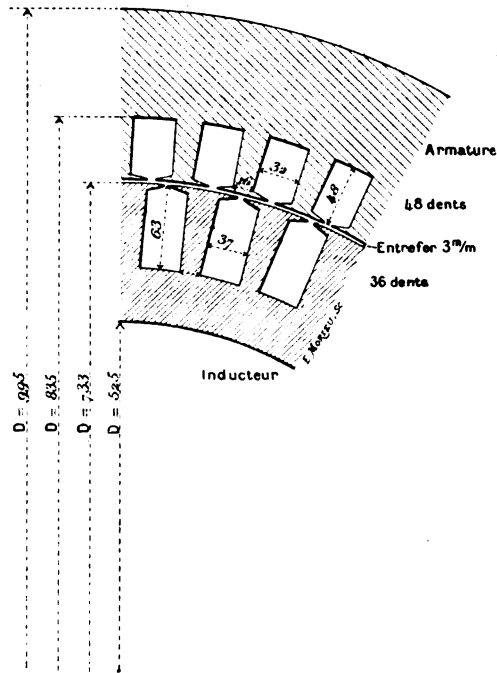
Voltage.....	110 volts
Intensité normale du courant par phase.....	272 ampères
Nombre de pôles.	6
Fréquence.	40

» *Armature (fig. 14).* — Elle est fixe. Elle est formée par un an-

neau Paccinotti à denture interne comportant 48 dents et entailles.

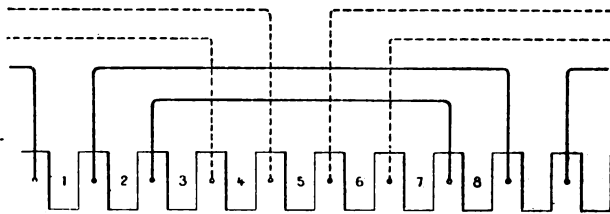
Longueur de l'armature comptée parallèlement à l'axe..... 165^{mm}
 Diamètre de l'alésage de l'armature..... 739^{mm}

Fig. 14.



» L'enroulement est fait avec des barres de cuivre plates. Il est du genre Siemens, multipolaire en série, comme le montre le schéma de la *fig. 15*. Il y a quatre barres logées dans chaque entaille; les 6 bobines de chaque phase sont montées en série.

Fig. 15.



» *Inducteur* (*fig. 14*). — Afin de pouvoir utiliser la même machine comme moteur asynchrone, son inducteur a été constitué par

un anneau Gramme-Paccinotti à 36 dents et entailles. Dans chaque entaille est logée une bobine de 72 spires de fil de $\frac{1}{10}$ de millimètre.

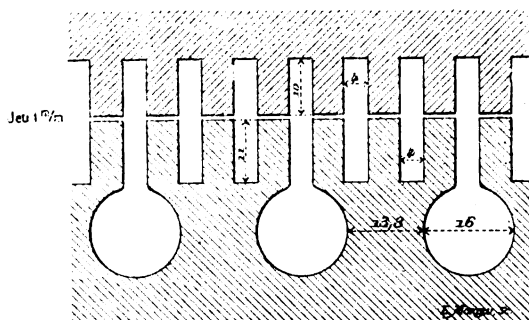
» Ces bobines sont groupées entre elles de manière à former trois circuits identiques, mais régulièrement décalés, qui seraient parcourus par des courants triphasés si la machine fonctionnait comme moteur asynchrone.

» Ces trois circuits sont montés en dérivation entre trois bagues.

» Dans le cas actuel, on peut envoyer un courant continu dans l'inducteur, soit par l'intermédiaire de deux quelconques de ses trois bagues, soit en disposant trois balais écartés de $\left(\frac{120^\circ}{n} + \frac{2k\pi}{n}\right)$ sur le collecteur de l'excitatrice, si l'on désigne par $2n$ le nombre de pôles de cette machine. Ces trois balais sont reliés individuellement aux frotteurs qui s'appuient sur les trois bagues de l'inducteur.

» *Excitatrice.* — Elle a six pôles et est montée sur le même axe que l'alternateur. Les tôles qui entrent dans la constitution des deux anneaux sont découpées comme le montre le croquis de la fig. 16. Les enroulements à courants alternatifs sont logés dans des canaux de section circulaire.

Fig. 16.



« L'enroulement en série est constitué par des barres rondes de 17^{mm} de diamètre. Il est du genre Siemens, multipolaire en série.

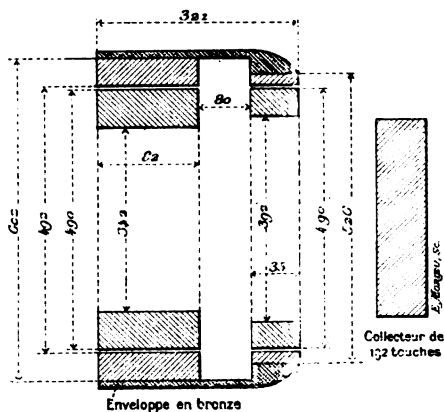
» L'enroulement en dérivation comporte 48 bobines du genre Gramme. Chaque bobine a 12 spires de fil de $\frac{1}{10}$ de millimètre.

» Les dimensions des deux anneaux sont portées sur la fig. 17.

» L'enroulement à courant continu du genre Gramme est formé par $48 \times 4 = 192$ bobines de deux spires chacune.

» Afin d'éviter les étincelles, on a adopté la disposition suivante, due à Weston. Les bobines de rangs impairs ont été groupées entre elles et reliées aux touches de rangs impairs du collecteur, comme

Fig. 17.



si elles eussent existé seules. On a fait de même pour les hobines de rangs pairs.

» L'expérience a démontré l'inutilité de cette disposition. Nous n'avons jamais eu d'étincelles sur ce collecteur, quelle que fût l'intensité du courant recueilli et quel que fût le calage des balais, bien que leur recouvrement fût supérieur à la largeur d'une lame et de ses deux isolants.

» Les anneaux fixes de l'excitatrice avaient été disposés pour recevoir un circuit inducteur destiné à combattre la réaction d'induit de l'enroulement à courant continu. Ce circuit n'a pas été utilisé au cours des expériences que nous allons relater.

» **EXPÉRIENCES.** — Cette machine était conduite par un moteur à vapeur vertical de Lecouteux et Garnier pouvant fournir 70 chevaux à la vitesse de 320 tours.

» 1° *Relevé des caractéristiques à vide et en court-circuit.* — On envoie un courant continu, pris au tableau de l'usine, dans l'inducteur, par l'intermédiaire de deux de ses trois bagues.

1° *Caractéristique à vide.*

Vitesse en tours par minute.	Intensité du courant d'excitation.	Vitesse aux bornes des circuits d'armature.	Vitesse en tours par minute.	Intensité du courant d'excitation.	Vitesse aux bornes des circuits d'armature.
840	4,95	21	841	33,8	127,5
838	7,50	31	839	39	138,5
840	10,00	41,5	840	46	149
836	11,10	47	836	51	154
838	14,80	60,5	839	57	160
840	15,80	63,7	840	64,5	164,5
837	20,00	80	835	76	174
835	25,10	103	839	89	177,5
840	29,60	117,5	840	95	182,5

2° *Caractéristique en court-circuit.*

Vitesse en tours par minute.	Intensité du courant d'excitation.	Intensité dans chaque circuit d'armature.	Vitesse en tours par minute.	Intensité du courant d'excitation.	Intensité dans chaque circuit d'armature.
839	5,1	12	840	41,5	129,5
838	7,9	22,5	834	50,5	157
840	10,2	29	839	56,5	171,5
836	14,6	42,5	840	62	187,5
840	21,1	62,5	840	75	230
839	26,1	80	838	82	262
836	29,5	89	839	101	301
840	34	103	»	»	»

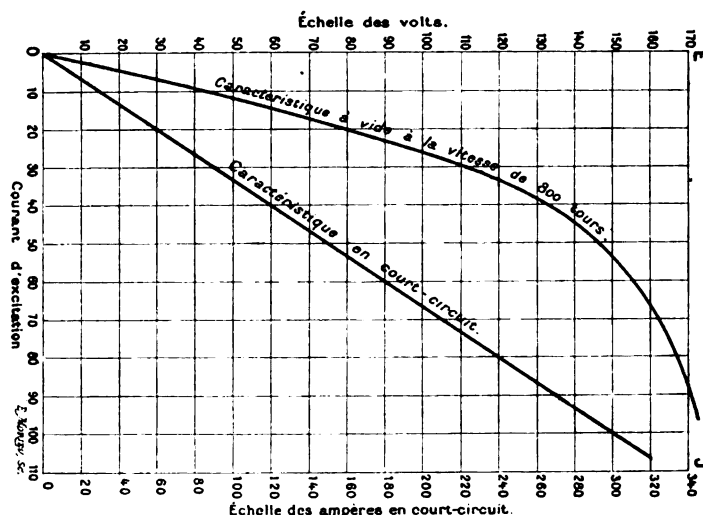
» Les deux caractéristiques sont tracées sur la *fig.* 18.

» On remarquera la grandeur de la réaction d'induit de cette machine. Il faut 28 ampères d'excitation pour produire le voltage normal à vide, en tournant à la vitesse normale. Il faut 91 ampères, soit 3,25 fois plus de courant, pour faire passer l'intensité normale dans l'armature fermée sur elle-même. Or, avec les alternateurs excités à la manière ordinaire, il est admis, comme règle pratique, que l'intensité du courant d'excitation qui fait passer l'intensité normale dans l'armature fermée sur elle-même doit être inférieure au tiers de l'intensité du courant d'excitation qui détermine le développement du voltage normal dans la machine fonctionnant à vide.

» En revanche, lorsque la machine débite son courant normal, le

nombre d'ampères-tours efficace de l'armature, par chaque centimètre du développement de sa face regardant l'entrefer, est égal à $\frac{272 \times 4 \times 48}{73.9\pi} = 225$, alors que ce nombre ne dépasse pas 70 dans les alternateurs à voltage constant, excités à la manière ordinaire.

Fig. 18.



» L'intensité du flux dans l'entrefer de notre machine est la même que dans les autres alternateurs, et il ne nous coûte pas plus cher à produire, car l'entrefer se trouve réduit à 3^{mm}, ce qui est très suffisant comme jeu, et la force magnétisante de l'inducteur, au lieu de servir à développer un flux à travers un grand entrefer, sert, avant tout, à détruire la réaction d'induit de l'armature.

» Il en résulte que, toutes choses égales d'ailleurs, avec une même carcasse de machine, un même inducteur et une même dépense d'excitation, rien qu'en augmentant le poids de cuivre enroulé sur l'armature, la puissance de l'alternateur, dimensionné comme il vient d'être dit, est devenu $\frac{225}{70} = 3,2$ fois plus grande que celle d'un alternateur dimensionné suivant les principes généralement adoptés.

» *Expériences en charge.* -- Cet alternateur, muni de son excitatrice, a été essayé en charge de la manière suivante.

» Entre les bornes de chacun de ses circuits d'armature, on avait branché deux dérivations comprenant : la première, l'un des

circuits à basse tension d'un transformateur biphasé de 250 kilowatts ; la seconde, un rhéostat à résistance variable.

» Dans ces conditions, il ne devait guère passer que du courant déwatté dans la première dérivation et du courant déwatté dans la seconde. On faisait varier le débit de l'alternateur en agissant sur le rhéostat.

» Cette machine a été essayée telle qu'elle est sortie de l'atelier, sans avoir subi aucune correction et sans avoir été munie de ses appareils de réglage. Voici les résultats obtenus :

Vitesse en tours par minute.	Débit du circuit sinus.		Débit du circuit cosinus.		Voltage aux bornes des deux circuits.
	Courant déwatté.	Courant watté.	Courant déwatté.	Courant watté.	
792	0	0	0	0	98
794	74,5	0	74,5	0	104
789	78	68	78	63	116
794	78,5	75	78,5	73	118
786	79	85	79	73	114,5
770	80	108	80	108	116,5
772	79	125	79	122	118,5
780	80	120	80	120	115,5
792	79	152	79	158	116,5
770	79	155	79	155	114
788	77,5	190	77,5	205	110
762	77,5	223	77,5	228	104
754	74	240	74	250	96

» Les glissements de la courroie qui commandait la machine devenaient très considérables dès que le débit dépassait 200 ampères par phase et ils ont empêché que celui-ci fût poussé au delà de 250 ampères. Le calage des balais est demeuré invariable, pendant toute la durée de ces essais et l'on n'a constaté aucune trace d'étincelles sur le collecteur.

» L'excitatrice s'amorce d'elle-même sous l'influence du magnétisme rémanent des inducteurs de l'alternateur. Lorsque la machine tourne à vide, son voltage est sensiblement inférieur à sa valeur normale ; il conviendrait d'augmenter de 15 pour 100 environ les dimensions de l'anneau de l'excitatrice, dont les circuits à courants alternatifs sont montés en dérivation.

» Il conviendrait, au contraire, de diminuer les dimensions de

l'anneau de l'excitatrice dont les circuits à courants alternatifs sont montés en série. En effet, la machine est légèrement surcompoundée et la baisse de voltage finale ne doit être attribuée qu'à la diminution de vitesse due aux glissements de la courroie.

» Néanmoins, nous ne croyons pas qu'aucune machine existante à très faible réaction d'induit donne une semblable constance de voltage, lorsque son excitation ne subit aucun réglage.

» *Expériences de synchronisation.* — On a monté cette machine en parallèle avec l'un des alternateurs à courants biphasés de 250 kilowatts de l'usine de Saint-Ouen. Ceux-ci tournent à la vitesse de 67 tours par minute et sont directement commandés par des machines à vapeur monocylindriques.

» On a d'abord constaté l'aptitude du nouvel alternateur à fournir des courants déwattés par la grande réduction qu'il a été possible de faire subir à l'excitation de l'alternateur de 250 kilowatts, le voltage aux bornes conservant sa valeur normale. Ensuite on a pu :

» 1^o Supprimer l'introduction de vapeur dans le moteur de 70 chevaux, sans que l'on ait eu à constater d'autre phénomène que le changement de brin tendu de la courroie reliant le moteur au nouvel alternateur ;

» 2^o Supprimer l'introduction de vapeur dans la grande machine à vapeur. L'alternateur de 250 kilowatts a continué à tourner, conduit par le petit. Les grincements de la courroie témoignaient de la grandeur de l'effort à surmonter, mais il nous a été impossible d'amener un décrochage.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Maurice Leblanc.

La séance est levée à 10^h40^m soir.



BIBLIOGRAPHIE.

Manuel d'Électrochimie et d'Électrométallurgie. Applications électrochimiques et électrothermiques, par H. BECKER, Ingénieur chimiste conseil. 1 vol. petit in-8. Paris. Librairie scientifique et industrielle, J. Fritsch, éditeur.

L'Électrochimie et l'Électrométallurgie sont, jusqu'à ce jour, les applications de l'énergie électrique les moins connues. Il n'y a, du reste, que peu de temps que l'on commence à s'occuper sérieusement de ces applications. M. H. Becker a fait œuvre utile en publiant cet intéressant Volume qui contient des données utiles.

Après quelques Chapitres relatifs aux principes généraux, aux générateurs chimiques, thermiques et mécaniques d'énergie électrique, aux appareils et méthodes de mesure, à des principes de Chimie, de Thermochimie et d'Électrochimie, aux piles hydro-électriques et accumulateurs, l'Auteur aborde le Chapitre de l'Électrolyse; il nous définit les effets chimiques, l'équilibre thermique, nous parle des dispositifs électrolytiques, des diverses influences, des densités, de l'action électrolytique des courants alternatifs. Dans le Chapitre suivant, il traite de la séparation électrolytique des principaux éléments et passe en revue l'aluminium, l'antimoine, l'argent, l'arsenic, le baryum, le bismuth, le bore, le cadmium, le calcium, le carbone, le chrome, le cuivre, l'étain, le fer, le magnésium, le mercure, l'or, le platine, le plomb, le sodium, le zinc, etc.

Le Chapitre X est consacré à l'étude de la Galvanoplastie.

Tous les autres Chapitres nous donnent ensuite des renseignements sur les opérations chimiques et électrométallurgiques : fabrication de l'aluminium, affinage électrolytique du cuivre noir, magnésium, sodium, potassium; affinage électrolytique du plomb argentifère, minerais argentifères; métallurgie de l'argent, minerais de cuivre, de zinc, de nickel; préparation électrolytique du chlore et des chlorates; blanchiment électrochimique, le carborundum, le corindon, le rubis, le carbure de calcium.

En résumé, l'Ouvrage de M. Becker est, pour le moment, un résumé intéressant des principales applications électrochimiques.

Formulaire physico-chimique, par DONATO TOMMASI. 1 vol. in-8; 1898.
Paris, J. Fritsch, éditeur.

Ce livre n'est qu'un Recueil de renseignements qui peuvent être utiles aux chimistes, aux ingénieurs et aux industriels. Ces renseignements se rapportent à la fusion, à la solidification, à la liquéfaction des gaz, aux tensions des gaz liquéfiés, à l'ébullition, à la solubilité des principaux composés chimiques, à la dilatation des solides, des liquides et des gaz, aux forces électromotrices de piles, à la Thermochimie, etc.

Automobiles sur rails, par M. G. DUMONT, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. in-16 de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, publiée sous la direction de M. LÉAUTÉ, Membre de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars et Masson et C^{ie}, éditeurs; 1898.

Dans cet opuscule, M. G. Dumont a surtout cherché à étudier la traction sur rails par automobiles. Cette voiture, qui porte en elle son moteur, nous dit-il, c'est celle qui présente le plus d'avantages pour la circulation dans les villes.

L'Auteur passe successivement en revue la traction par moteurs à vapeur, par moteurs à air comprimé, par moteurs à gaz et à pétrole, par moteurs à acide carbonique, par moteurs à ammoniacque, la traction funiculaire et la traction électrique. Il examine alors, en quelques pages, les principales dispositions pour tramways à conducteurs aériens, souterrains, à accumulateurs.

Les compteurs d'Électricité, par E. COUSTET. 1 vol. Paris, B. Tignol.

Dans ce Volume de la Bibliothèque des Actualités industrielles, l'Auteur passe en revue les principaux types de compteurs, classés en compteurs de temps, d'intensité de tension et d'énergie.

Il examine à part les enregistreurs et les compteurs à paiement préalable, en insistant sur l'avenir que paraissent présenter ces derniers pour la vulgarisation de l'énergie électrique.

Un Chapitre très développé est consacré à l'emploi des compteurs.

Tous ceux qui, à un titre quelconque, abonnés ou employés de Stations centrales, emploient ou manient ces appareils, trouveront ici nombre d'indications pratiques pouvant leur éviter parfois de longs tâtonnements.

Les huiles minérales, par F. MIRON. 1 vol. Paris, Gauthier-Villars et Masson et C^{ie}.

Ce Volume de l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire* offre un résumé très clair et très substantiel des connaissances actuelles sur les diverses huiles d'origine minérale.

Les origines possibles, les gisements, les propriétés, la composition et le rendement en produits éclairants y sont passés en revue, ainsi que les méthodes d'essais des huiles pour l'éclairage et le graissage.

Les électriciens souhaiteront peut-être de trouver dans la prochaine édition quelques renseignements de même nature sur l'emploi si fréquent aujourd'hui des huiles minérales comme diélectriques.

Cours d'Électricité théorique et pratique, professé à l'École nationale d'Arts et Métiers d'Angers, par M. C. SARRAZIN, Agrégé des Sciences physiques. Paris, Bernard et C^{ie}, éditeurs; 1898.

L'Auteur a réuni, dans cet important Volume, les leçons qu'il professe à l'École d'Arts et Métiers d'Angers. Sans prétendre à l'exposé des théories transcendantes mo-

dermes, M. Sarrazin s'est limité judicieusement au genre d'enseignement qui convient plus spécialement à ses élèves et dans lequel la partie pratique doit prédominer.

Toute la partie théorique est donc réduite au strict minimum, ce qui ne l'empêche pas d'être fort bien présentée et de façon à lui ôter le plus possible son aridité.

Traitant son sujet au point de vue industriel, l'Auteur a tenu à donner à l'instruction de ses élèves les bases les plus solides. Rien n'est négligé dans cet ordre d'idées et les divers Chapitres du présent Ouvrage abordent successivement toutes les branches de la Science électrique en leur donnant un développement en rapport avec leur importance.

Le Cours de M. Sarrazin est à recommander à tous ceux qui désirent entrer dans la carrière électrique industrielle avec une bonne préparation.

Elektrische Licht und Kraft-Anlagen-Gesichtspunkte für deren projectierung,
von Dr LUDWIG FISCHER. Wiesbaden, C.-W. Kreidel; 1898.

Cet Ouvrage a été écrit spécialement dans le but de faire connaître le matériel électrique aux industriels en général, afin de leur permettre de se guider dans leurs relations avec les constructeurs.

L'Auteur indique successivement dans leurs grandes lignes les systèmes de distribution de l'énergie électrique, puis passe en revue les dynamos à courant continu, les transformateurs, les alternateurs, les moteurs polyphasés, etc.

Il décrit un certain nombre de stations centrales dans lesquelles sont appliqués les divers systèmes de distribution.

Chacun des éléments d'un grand réseau est présenté successivement, avec nombreuses figures; chaque Chapitre comprend l'exposé des *Règles générales et prescriptions*, édictées par les Sociétés techniques.

L'Ouvrage se termine par l'étude sommaire du prix de revient.

En résumé, le Volume du Dr Ludwig Fischer est appelé à rendre service à toutes les personnes qui désirent acquérir des notions générales sur les conditions d'établissement des installations d'électricité pour l'éclairage et la transmission de la force.

INFORMATIONS.

CONCOURS POUR UN COFFRET AVEC PRISE DE COURANT UNIVERSELLE
POUR LES AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES.

Programme du concours.

Le *Syndicat professionnel des Industries électriques*, l'*Association amicale des Ingénieurs électriciens*, l'*Automobile-Club*, le *Syndicat des Usines d'électricité* ont constitué une Commission dont le but est de déterminer les conditions dans lesquelles les automobiles électriques pourront se ravitailler en énergie électrique.

La Commission a décidé de mettre au concours un coffre avec prise de courant universelle. Un prix de 400^{fr} sera décerné à l'auteur de l'appareil qui aura été reconnu

par la Commission comme répondant le plus exactement aux conditions du programme énoncé ci-après.

Chaque concurrent présentera un appareil accompagné d'une Note descriptive qui devront être adressés au Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*, Hôtel des Ingénieurs civils, 19, rue Blanche, à Paris, avant le 1^{er} mars 1899.

Les appareils resteront la propriété des inventeurs, mais la Commission se réserve la faculté d'en publier la description et de les exposer.

L'appareil spécimen et la Note descriptive ne porteront pas le nom de l'inventeur; ils seront simplement marqués d'un signe distinctif reproduit dans un pli cacheté, annexé à la Note descriptive et contenant les nom, prénoms, qualités et adresse de l'auteur.

SPÉCIFICATIONS (1).

Le coffret proprement dit devra être construit de manière à pouvoir être placé à l'extérieur et disposé de façon que les organes intérieurs soient à l'abri de toute détérioration ou dérivation.

Il devra contenir :

1° Un voltmètre avec commutateur double permettant de vérifier les polarités et les tensions de la source d'énergie et de la batterie à charger;

2° Un compteur de quantité ou d'énergie;

3° Un rhéostat avec interrupteur bipolaire;

4° Une prise de courant universelle avec câbles à deux conducteurs (chaque conducteur sera terminé à ses deux extrémités par le même raccord et les deux conducteurs seront munis de raccords différents);

5° L'ensemble des appareils électriques du coffret devra pouvoir supporter un courant de 70 à 80 ampères sous 120 volts;

6° L'ensemble du coffret aura un encombrement aussi restreint que possible et possédera un isolement parfait;

7° Chaque projet devra contenir :

1° Le prix de l'appareil complet;

2° Le prix des raccords.

COURS DE PHOTOGRAPHIE.

Le *Cours public de Photographie*, en vingt leçons, confié à M. Ernest COUSIN par la *Société française de Photographie*, ouvrira pour la quatrième année, le mercredi 16 novembre courant, à 9^h du soir, pour être continué les mercredis suivants à la même heure, dans les locaux de la Société, 76, rue des Petits-Champs, à Paris. Les dames sont admises.

(1) La Commission laisse la faculté aux concurrents d'ajouter à la construction du coffret telle disposition qu'il leur plairait, sous réserve de rester dans l'esprit du programme.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

L'hystérésimètre Blondel; modèle J. Carpentier (M. **Armagnat**), p. 467. — Sur un nouvel appareil pour mesurer les couples (M. **Boucherot**), p. 474. — Sur la synchronisation des alternateurs accouplés en parallèle (M. **Maurice Leblanc**), p. 482.

Tramways à traction mixte de Pantin à Paris (M. **de Marchena**), p. 517.

OUVRAGES OFFERTS, p. 536.

TABLE DES MATIÈRES DES PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 537.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS, p. 549.

TABLE DES MATIÈRES, p. 551.

COMpte RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 7 décembre 1898 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. HILLAIRET, *vice-président*.

La séance est ouverte à 8^h 30^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. DECAUX et D^r GRUBY, membres de la Société.

M. le PRÉSIDENT. — « Nous avons aussi la douleur de vous annoncer la mort de notre collègue N.-J. RAFFARD, membre fondateur et l'un des amis les plus fidèles de notre Société.

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

» Il en est peu parmi vous qui n'aient eu l'occasion de connaître et d'approcher avec respect cet ingénieur de mérite, cet homme modeste et bon ; il en est plusieurs qui se souviennent avec gratitude d'avoir trouvé ses conseils et son appui au début de leur existence industrielle.

» Le nom de Raffard, travailleur infatigable, fécond inventeur, promoteur de la traction électrique, est depuis longtemps familier aux ingénieurs de tous les pays : sa mémoire vivra parmi eux.

» Au collègue vénéré que nous venons de perdre je vous propose d'adresser un dernier et pieux hommage. »

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société (voir p. 538) et des demandes d'admission suivantes :

Gibbings (Alfred-H.), Ingénieur et Directeur technique de la Station d'Électricité municipale de Bradford, Hôtel de Ville, à Bradford (Angleterre). — Présenté par MM. Gatehouse et H. Fontaine.

Gil de Los Reyes (Federico), Directeur gérant de la fabrique de Gaz et d'Électricité, à San Fernando (Espagne). — Présenté par MM. E. Bonnet et Sabourain.

Guéry (François-Charles), Agent de la C^{ie} des Chemins de fer de l'Ouest (Travaux extérieurs du Matériel et de la Traction ; Section électrique), 5, rue du Fort, à Fontenay-sous-Bois (Seine). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Heller (Richard), Électricien, 18, cité Trévise, à Paris. — Présenté par MM. Bernheim et Laffargue.

Maréchal (Charles-Louis), Chef d'atelier à l'École supérieure d'Électricité, 163, avenue de Suffren. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Martin (Gabriel-Auguste), Ingénieur à la C^{ie} Thomson-Houston, 20, rue Richer, à Paris. — Présenté par MM. Abdank-Abakanowitch et Burton.

Perreau (François), Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, à Nancy (Meurthe-et-Moselle). — Présenté par MM. Mascart et Carpentier.

Tallerie (Lucien-Robert-Valère), Ingénieur, 7 bis, boulevard Rochechouart, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Lajaunie.

Valton (Henry), Ingénieur à la C^{ie} d'Orléans, 10, rue de la Trémoille, à Paris. — Présenté par MM. Pollard et Sabouret.

Vaudrey (Paul-Virgile), Ingénieur-Constructeur électricien, 212, rue Lafayette, à Paris. — Présenté par MM. Gosselin et Sabourain.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés à un anonyme qui a fait don d'un chronographe destiné à l'élève sortant premier de l'École supérieure d'Électricité.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

L'HYSTÉRÉSIMÈTRE BLONDEL (MODÈLE J. CARPENTIER).

M. ARMAGNAT. — « L'hystérésimètre que j'ai l'honneur de présenter à la Société a été imaginé par M. Blondel et réalisé par M. Carpentier; il présente un certain nombre de dispositions spéciales, qui le distinguent de ce qui a été déjà fait dans cette voie et qui justifient sa création.

» Pour aimanter une masse de fer il faut dépenser une certaine quantité d'énergie; s'il n'y avait pas d'hystérésis, cette énergie se retrouverait entièrement à la désaimantation; mais, grâce à ce phénomène, une partie de l'énergie est absorbée et se retrouve sous forme de chaleur. La mesure de l'énergie dépensée lorsqu'on fait passer le fer par un cycle magnétique déterminé peut servir à la mesure de l'hystérésis; l'appareil de M. Blondel est basé sur ce principe.

» Quand une masse de fer est soumise à l'action d'une force magnétisante telle que l'induction passe alternativement d'une valeur positive à la même valeur négative, la dépense d'énergie causée par l'hystérésis est donnée, pour chaque cycle et par centimètre cube de fer, en fonction de l'induction maximum atteinte $\mathfrak{B}$, par la formule de Steinmetz

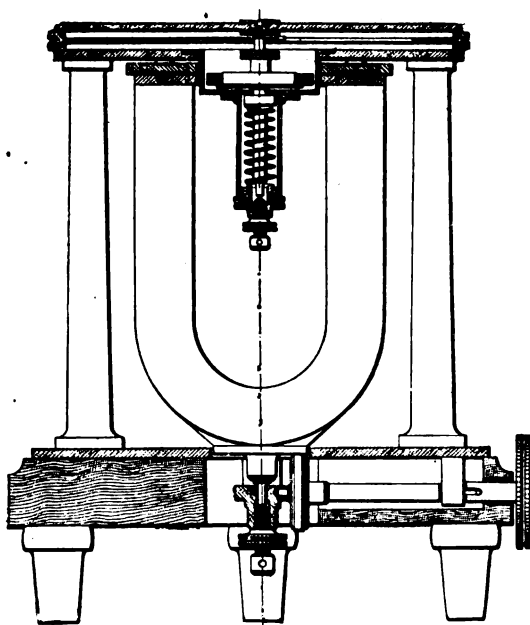
$$W = \eta B^{1,6}.$$

» Si cette loi est exacte, et il semble qu'elle est pratiquement suffisante pour les besoins de l'industrie, au moins pour les valeurs de $\mathfrak{B}$ couramment employées, la connaissance du coefficient η suffit à caractériser le fer essayé, et la détermination de l'hystérésis peut être ramenée à une seule mesure pour une grandeur connue de $\mathfrak{B}$. Pour comparer simplement des qualités de fer différentes, il suffira de faire les mesures avec une valeur constante de $\mathfrak{B}$.

» Ce principe est celui sur lequel est basé l'appareil, aujourd'hui bien connu, d'Ewing et aussi l'hystérésimètre Blondel-Carpentier. Ce dernier permet encore une autre méthode de mesure : si nous plaçons un cylindre de fer doux dans un champ magnétique, son axe perpendiculaire aux lignes de force, et si nous faisons tourner le champ autour de l'axe, nous verrons le cylindre tourner; grâce à

l'hystérésis, l'aimantation persiste dans le cylindre dans la direction où elle se trouvait tout d'abord. La résistance au déplacement des lignes de force peut être mesurée et elle donne ainsi un autre moyen de connaître l'hystérésis (¹).

» Dans l'appareil que vous avez sous les yeux, l'échantillon de fer



à essayer est mis sous forme d'anneaux plats; ceux-ci sont placés sur un support en laiton qui s'adapte sur un arbre vertical. L'arbre repose à la partie inférieure dans une crapaudine et sa partie supérieure pivote dans une chape fixée au milieu de la glace de fermeture de l'appareil. Cet ensemble est porté par la platine supérieure

(¹) Le principe de la méthode statique a été décrit d'abord par M. Blondel, dans un pli cacheté déposé à l'Institut, le 21 février 1897, ainsi qu'un premier appareil, différent du modèle actuel, dans lequel on faisait tourner l'anneau de tôle, en maintenant le champ fixe. L'anneau était entraîné, à la main, à l'aide d'un micromètre de torsion, analogue à ceux des électrodynamomètres Siemens. L'angle de torsion nécessaire pour vaincre l'hystérésis était mesuré par l'écart entre l'index du micromètre et un second index fixé à l'échantillon de fer. Sous cette forme l'appareil exige deux lectures pour chaque déviation. Les variations de l'hystérésis avec l'azimut donnaient lieu à des sauts brusques de l'index de l'anneau et l'on ne pouvait obtenir facilement la valeur moyenne de la déviation; c'est pourquoi M. Blondel a été amené à adopter la disposition inverse du champ tournant autour d'un anneau de fer fixe.

et forme un tout rigide, de sorte que les anneaux de fer peuvent tourner avec l'arbre, mais ils sont ramenés constamment à la même position par un ressort hélicoïdal. Pour s'affranchir des oscillations qui seraient gênantes pour la mesure, le tube qui tient la crapaudine et qui renferme l'arbre et le ressort est rempli d'une valvoline épaisse, dont la viscosité est suffisante pour amortir les oscillations.

» La position du fer est indiquée par un index qui se fixe à frottement sur l'arbre, au-dessus du porte-objet. Un cercle divisé, solidaire de la glace, permet de repérer la position de l'index, et, comme ce cercle tourne avec la glace, on peut placer le zéro de la graduation où cela est nécessaire.

» Le champ magnétique est produit par un aimant en fer à cheval, à branches verticales, reposant sur une crapaudine et dirigé en haut par trois galets qui appuient sur la circonférence d'un disque qui est solidement attaché à l'aimant. Cette disposition permet de faire coïncider rigoureusement l'axe de rotation de l'aimant avec l'axe géométrique des anneaux de fer et assure l'aimantation uniforme de ceux-ci. Le pivot inférieur est surmonté d'un petit disque sur lequel vient appuyer un galet en cuir commandé par un bouton moleté et une manivelle.

» Les aimants ont été choisis de façon à donner une induction maximum très voisine de 10000.

» Voyons maintenant comment il faut se servir de l'instrument. Il faut d'abord découper des anneaux en nombre suffisant pour faire une épaisseur de 4^{mm}. Ces anneaux ont des diamètres de 38^{mm} intérieur et 55^{mm} extérieur; ils peuvent être découpés très facilement, soit au tour, soit à l'emporte-pièce. Ensuite il est absolument nécessaire de faire bien recuire les échantillons, faute de quoi les résultats pourraient être absolument erronés.

» Les anneaux découpés et recuits sont empilés sur le support où ils sont maintenus par des taquets, puis le tout est monté sur l'arbre; une goupille rend la position du support invariable. On place ensuite l'index, puis la glace, et l'appareil est prêt.

» Si l'on veut se servir de cet hystérésimètre en mesurant le travail dépensé dans les variations périodiques de l'aimantation, il suffit de faire tourner la manivelle à une vitesse suffisante pour que l'index se fixe bien, c'est-à-dire à 2 ou 3 tours par seconde. Faisant

alors tourner la glace et le cadran divisé, de l'autre main, on amène le zéro de la graduation en face de l'index. On fait ensuite tourner en sens inverse et on lit directement l'angle de déviation. Cette double mesure est nécessaire, car l'appareil n'a pas de zéro effectif, le fer pouvant être aimanté d'avance. A chaque tour de l'aimant, tous les points de l'échantillon passent successivement par un cycle magnétique complet et l'équilibre est obtenu quand le couple de torsion du ressort fait équilibre au couple moteur de l'aimant.

» Dans ces conditions on a, en appelant V le volume du fer essayé, w le couple du ressort en ergs par radian, θ le double de l'angle de déviation, c'est-à-dire la lecture faite sur le cadran exprimée en radians, et n le nombre de tours de l'aimant par seconde

$$nVW = 2\pi n w \frac{\theta}{2},$$

d'où

$$W = \frac{\pi w}{V} \theta;$$

il suffit donc de multiplier la lecture par un coefficient numérique, déterminé une fois pour toutes, pour obtenir directement la perte en ergs par centimètre cube du fer essayé, à la valeur de w donnée par l'aimant.

» Pour employer la seconde méthode, on tourne très lentement le bouton moleté, jusqu'à ce que l'index ne bouge plus; on peut alors abandonner l'aimant, le fer ne se déplace plus. Si l'on avait toujours du métal parfaitement homogène les choses se passeraient bien ainsi et la mesure serait très simple; malheureusement les fers du commerce présentent toujours de très grandes inégalités; la perméabilité et, probablement, l'hystérésis varient beaucoup par le fait du laminage et par d'autres causes, de telle sorte que les anneaux de fer n'offrent pas, en tous les points, la même résistance au déplacement des lignes de force et, au lieu d'une déviation unique et constante, on remarque que l'index oscille entre des points plus ou moins écartés.

» Pour faire une mesure par cette méthode, il faut observer les déviations maximum et minimum, pour chaque sens de rotation, et faire la différence des moyennes. On trouve ainsi un chiffre qui s'écarte généralement peu de celui de la méthode de rotation continue.

» Par une orientation convenable des lames de l'échantillon, on arrive quelquefois à atténuer les écarts relatifs, mais on n'arrive jamais à les annuler complètement. Il ne paraît pas, d'ailleurs, exister une relation absolue entre le sens du laminage et la direction de perméabilité minimum.

» Cette méthode, que l'on pourrait appeler *statique*, bien qu'un peu plus délicate que la première, est la seule applicable aux échantillons dont l'épaisseur atteint 1^{mm} ou plus, car il n'y a pas à craindre les courants de Foucault, puisque la vitesse peut être aussi faible qu'on le veut. Il est bon d'ajouter que, malgré les écarts plus ou moins grands des déviations, les moyennes obtenues avec le même échantillon, pour des orientations différentes des lames qui le composent, ne diffèrent pas de plus de 1 pour 100.

» L'instrument que vous avez sous les yeux mesure l'hystérésis tournante, celle qui se produit lorsque l'on fait tourner la direction de l'aimantation, sans changer son intensité; c'est ce qui se passe dans l'induit d'une dynamo à courant continu. L'appareil d'Ewing, au contraire, mesure l'hystérésis alternative, celle qui se développe dans le fer soumis à l'action d'un champ alternatif, de direction constante: c'est ce qui se passe dans les transformateurs. Certains auteurs considèrent ces deux hystérésis comme différentes en grandeur; il y a donc intérêt à savoir dans quelles conditions nous faisons la mesure ici.

» Il est cependant facile de modifier l'appareil Blondel-Carpentier pour lui permettre de mesurer l'hystérésis alternative; il suffit de disposer, sur un support spécial, des lames de tôle orientées suivant des diamètres uniformément répartis dans la circonférence.

» Une autre différence entre ces deux appareils, et non des moindres, réside dans la forme des échantillons qui, rectangulaires dans l'appareil d'Ewing, sont ici des anneaux. Sous cette forme tous les points de l'échantillon sont soumis à une induction qui suit rigoureusement la même loi, sauf défauts d'homogénéité, et il ne se produit pas de variation de flux dans l'aimant, de sorte que les courants de Foucault ne s'y développent pas comme dans l'appareil anglais; les déviations sont bien proportionnelles aux pertes d'énergie.

» Un grand avantage de la forme en anneau, c'est que l'on peut

toujours vérifier les résultats par la méthode balistique sans être obligé de faire subir au fer aucune modification qui altérerait ses propriétés.

» Par suite de l'aimantation uniforme des anneaux, on peut assez bien faire coïncider la perte par hystérésis, mesurée par la méthode balistique, avec la valeur trouvée à l'hystérésimètre, en partant des seules données mécaniques de cet instrument.

» L'étalonnage peut donc se faire au moyen d'un seul échantillon préalablement étudié ou, plus facilement, en déterminant le couple de ressort par la méthode des oscillations.

» Voyons maintenant les résultats que peut donner l'appareil. La première condition pour que ces résultats soient comparables entre eux est que tous les échantillons, quelle que soit leur perméabilité, soient soumis à la même induction maximum. On y arrive facilement en donnant à l'entrefer une réluctance beaucoup plus grande que celle des anneaux. Dans l'appareil Blondel-Carpentier, des écarts de perméabilité de 1000 à 2000 n'affectent pas l'induction de plus de 2 ou 3 pour 100.

» Pour étudier la valeur de l'instrument dans la comparaison de fers de qualités diverses, trois échantillons de tôle ont été étudiés soigneusement par la méthode balistique et les cycles obtenus ont servi à déterminer la valeur moyenne du coefficient η de Steinmetz; des échantillons ont été ensuite essayés à l'hystérésimètre, par rotation continue ou par la méthode statique.

» Les résultats portés sur le Tableau sont les valeurs relatives de l'hystérésis pour chaque méthode; ils montrent quelle précision on peut atteindre pour la simple comparaison :

	1.	2.	3.
	8 lames de tôle, épaisseur : 0 ^{mm} ,5.	4 lames de tôle, épaisseur : 1 ^{mm} .	1 lame de tôle, épaisseur : 4 ^{mm} .
Cycle balistique.....	1	0,69	0,983
Hystérésimètre, rotation continue...	1	0,75	»
» méthode statique...	1	0,685	0,91

» De ces essais, et d'autres qui ne sont pas indiqués ici, on peut conclure que la valeur relative des fers peut être appréciée à 5 pour 100 près; or, les mesures balistiques donnent rarement plus de précision et sont beaucoup plus pénibles.

» Au point de vue de la valeur absolue, la question est plus délicate, car les résultats diffèrent trop d'une méthode à l'autre. Les pertes par hystérésis, mesurées au galvanomètre balistique, sont toujours plus faibles que la valeur mesurée à l'hystérésimètre, par la méthode statique. Plus élevés encore sont les résultats de la méthode de rotation continue ; néanmoins, quand les échantillons sont assez minces pour que les courants de Foucault soient négligeables, ces deux méthodes d'emploi de l'hystérésimètre diffèrent rarement de plus de 5 à 6 pour 100.

» Il faut bien se rendre compte que les trois méthodes, comparées ici, ne sont pas dans des conditions identiques. Dans le cycle balistique, tout l'anneau est aimanté uniformément et c'est bien l'hystérésis moyenne qui est mesurée. Avec l'hystérésimètre, à cause des défauts d'homogénéité du fer, l'induction n'est pas uniforme : on mesure alors une fonction complexe de l'hystérésis et de l'induction. Enfin, pour expliquer les divergences entre la méthode statique et celle de rotation continue, il faut remarquer que la dernière donne une moyenne mécanique des valeurs de l'hystérésis en chaque point, tandis que, par la méthode statique, nous notons les points extrêmes sans nous occuper de la distribution intermédiaire ; c'est cette simplification de la méthode qui est cause des divergences.

» Quoi qu'il en soit de ces différences, le Tableau précédent montre que l'appareil permet de comparer les fers avec une exactitude largement suffisante, étant donnés les écarts très considérables qui se présentent dans des régions voisines d'un même échantillon. »

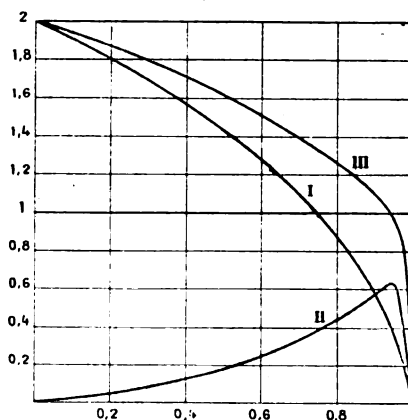
M. le PRÉSIDENT remercie M. Armagnat et le prie de transmettre à M. Blondel le regret que cause son absence.

SUR UN NOUVEL APPAREIL POUR MESURER LES COUPLES.

M. BOUCHEROT. — « J'ai eu l'honneur, il y a quelques mois ⁽¹⁾, Messieurs, de vous présenter, entre autres choses, un moteur à courants polyphasés asynchrone (désigné industriellement sous la rubrique *type γ*) caractérisé par les qualités suivantes : le courant absorbé à toutes les vitesses est sensiblement proportionnel au couple moteur; le couple moteur est uniquement fonction de la vitesse et les variations de celui-là sont toujours de sens inverse aux variations de celle-ci, ce qui assure l'équilibre dynamique à toutes les vitesses, condition indispensable au bon fonctionnement d'un moteur industriel.

» Ainsi que je vous disais alors, ce moteur repose en principe sur l'emploi, dans un même induit, de plusieurs cages d'écureuil ayant des constantes de temps différentes. Dans le cas le plus simple le nombre de ces cages se réduit à deux. Pour que la courbe du couple moteur en fonction de la vitesse (courbe III, *fig. 1*) ait

Fig. 1.



toujours sa dérivée négative, il faut que les constantes du temps des deux cages aient entre elles un certain rapport bien défini. Si ce rapport n'existe pas exactement, il peut y avoir sur la courbe

(1) Voir *Bulletin* de février.

deux points d'inflexion et, conséquemment, il peut exister un équilibre instable entre deux valeurs de la vitesse, si la dérivée est positive entre ces deux vitesses. Le calcul *a priori* d'un tel moteur est donc assez délicat et il y a lieu de s'assurer, après établissement d'un type, que la dérivée du couple en fonction de la vitesse est toujours négative. Le moyen ordinaire consisterait à lancer ce moteur à vide et à le charger progressivement avec un frein en relevant pour chaque valeur du couple résistant la ou les vitesses correspondantes. Je dis *les* parce que si la dérivée du couple en fonction de la vitesse est positive entre certaines vitesses, il y a pour certaines valeurs du couple deux vitesses correspondantes, théoriquement trois, dont une pour laquelle l'équilibre est instable.

» Mais indépendamment des erreurs qui entachent toujours les mesures au frein, l'emploi de cette méthode serait long, délicat et ne renseignerait pas sur la portion instable de la courbe.

» J'ai donc été amené à réaliser un petit appareil permettant de relever en quelques minutes, au moyen des effets d'inertie, la courbe du couple en fonction de la vitesse, et cet appareil étant susceptible d'autres applications, j'ai cru intéressant de vous le présenter.

» Si l'on fait démarrer à vide un appareil moteur quelconque, on a, entre le couple moteur C_m , le couple résistant C_r , le moment d'inertie K et la vitesse angulaire ω , la relation suivante

$$C_m = C_r + K \frac{d\omega}{dt},$$

d'où

$$C_m - C_r = K \frac{d\omega}{dt}.$$

» Si le couple résistant est très petit en regard du couple moteur, ce qui est le cas des moteurs électriques, en général, et surtout des moteurs asynchrones dans lesquels le couple résistant se borne aux frottements, puisque les courants de Foucault et l'hystérésis concourent à entraîner et non à ralentir le moteur, la relation se simplifie et devient

$$C_m = K \frac{d\omega}{dt}.$$

» Du reste, même si le couple résistant n'était pas négligeable

devant le couple moteur, la grandeur $K \frac{d\omega}{dt}$ serait encore la seule intéressante, puisque c'est le couple utile $C_m - C_r$ qui est à considérer dans un appareil moteur quelconque.

» Il suffit donc, si l'on connaît K , de pouvoir enregistrer $\frac{d\omega}{dt}$ à toutes les vitesses pour avoir la valeur du couple à toutes les vitesses.

» Le premier moyen qui se présente à l'esprit est l'emploi d'un cinémographe, c'est-à-dire d'un appareil qui enregistre $\omega = f(t)$, la vitesse angulaire en fonction du temps. Si dans la courbe obtenue les abscisses sont proportionnelles exactement à t , ce qui est facile, et si les ordonnées sont proportionnelles à ω , ce qui est moins facile, le coefficient angulaire de la tangente en un point quelconque est, à une constante près, la valeur du couple pour la vitesse correspondante.

» L'obligation où l'on est d'avoir un mouvement d'horlogerie, pour l'obtention des abscisses proportionnelles au temps, est certainement une complication, et comme il faut pouvoir relever des courbes pour des démarrages dont les durées peuvent varier entre de grandes limites, il faut avoir un certain nombre de cylindres enregistreurs à sa disposition. D'autre part, avec les cinémographes existants, il faut avoir une série de poulies de diamètres variables pour adapter l'appareil à des moteurs de vitesses différentes; il faut installer une petite transmission et comme les bouts d'arbres des moteurs peuvent être encore très différents comme diamètres, on se trouve conduit à l'acquisition de tout un matériel qui nécessite d'ailleurs une installation assez longue.

» J'ai cherché à supprimer tous ces inconvénients en réalisant un appareil qui permette de relever une courbe aussi commodément que l'on prend la vitesse d'une machine avec un compte-tours.

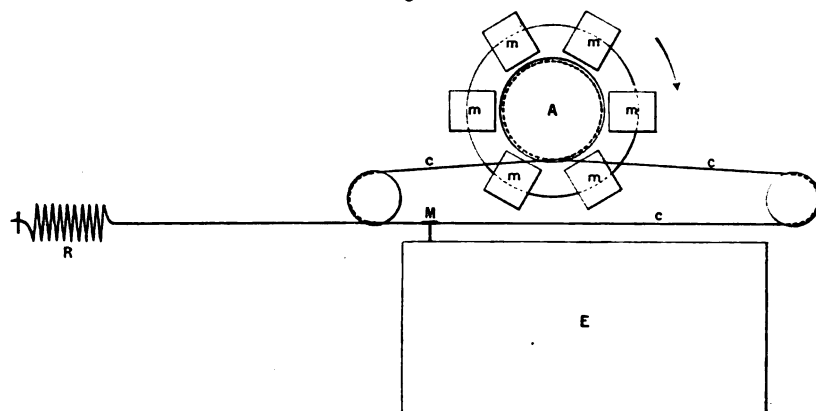
» Pour cela, il faut d'abord supprimer le mouvement d'horlogerie et faire dérouler le cylindre enregistreur, non plus proportionnellement au temps, mais à l'espace parcouru $\int \omega dt = \alpha$, ce qui est facile à obtenir par une relation mécanique entre ce cylindre et l'axe principal de l'appareil, recevant le mouvement.

» J'ai pensé d'abord à obtenir les ordonnées proportionnelles à ω en utilisant le couple produit sur un disque de cuivre par des

aimants tournant autour et y développant des courants de Foucault ainsi que l'on a fait dans l'*entraîneur Volta* que vous connaissez bien.

» Supposons (*fig. 2*) que des aimants m, m, m tournent autour d'un disque de cuivre A avec une vitesse égale ou proportionnelle

Fig. 2.



à ω ; ils produiront dans ce disque des courants de Foucault, et celui-ci tendra à tourner dans le sens des aimants, sollicité par un couple proportionnel à ω . Si une cordelette c est enroulée sur ce disque et en même temps attachée à un ressort R s'opposant au déplacement du disque, l'allongement du ressort étant proportionnel à la tension de la corde et celle-ci proportionnelle à la vitesse ω , le déplacement d'un point quelconque M de la corde, le long du cylindre enregistreur E sera proportionnel à ω . On aura donc sur le papier une courbe, $\omega = f(\alpha)$, de la vitesse en fonction de l'espace angulaire parcouru. D'autre part, on a dans le moteur

$$C_m = K \frac{d\omega}{dt},$$

d'où

$$C_m \omega dt = K \omega d\omega, \quad \text{d'où} \quad C_m = K \omega \frac{d\omega}{d\alpha}.$$

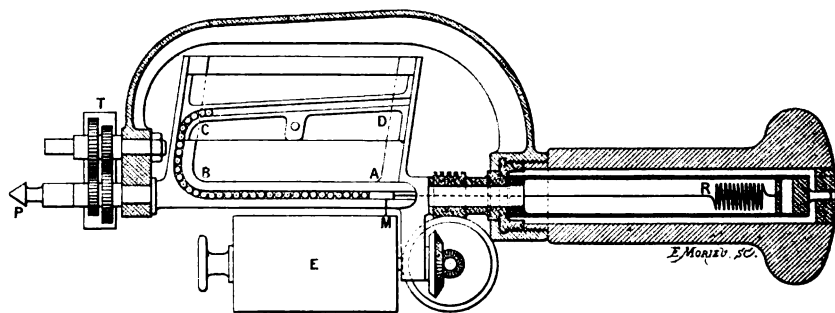
» Il suffira donc, pour avoir la valeur du couple pour une vitesse quelconque, de mesurer le coefficient angulaire de la tangente à la courbe au point correspondant et de multiplier ce coefficient par la vitesse et par un certain coefficient.

» Mais les efforts obtenus à l'aide des courants de Foucault dans ces conditions sont faibles, puisque l'on veut réaliser un appareil **léger** pouvant suivre le mouvement d'un arbre, simplement par la pression d'**une pointe** carrée ou triangulaire engagée dans l'un des trous qui ont servi à **placer l'arbre** entre pointes lors du tournage. Il en résulte que les frottements **peuvent** fausser fortement les indications et que l'inertie des pièces en **mouvement** avec l'index, ressort, cordelette, disque de cuivre, peut **amener**, indépendamment d'oscillations dans certains cas, un retard sérieux de l'enregistrement sur le phénomène.

» Il faut donc avoir recours, pour la production du mouvement de l'index, à un phénomène donnant des efforts plus importants avec une même masse de matière engagée. La force centrifuge est dans ce cas; mais pour que les déplacements de l'index soient une fonction simple de la vitesse, il faut que ces déplacements n'altèrent pas, dans la formule de la force centrifuge $m\omega^2 r$, le produit mr qui multiplie le carré de la vitesse. Si la masse soumise à la force centrifuge est constante, il faut que le rayon de giration de cette masse soit indépendant du déplacement de l'index. J'emploie, à cet effet, une petite chaîne à rouleaux, très flexible, qui peut glisser dans un canal en forme d'U, dont une des branches coïncide avec l'axe de rotation.

» Vous avez devant vous (*fig. 3*) l'appareil construit par la maison Breguet et dont elle se sert pour l'étude expérimentale des

Fig. 3.



moteurs dont je vous parlais plus haut. L'extrémité de la chaîne qui se trouve sur l'axe de rotation porte l'index M et est attachée au ressort R, qui tourne avec la chaîne et qui est dissimulé dans le

manche de l'appareil. La force centrifuge agit plus ou moins sur tous les éléments de la chaîne, sauf sur ceux placés dans la portion du canal AB coïncidant avec l'axe de rotation; mais c'est seulement pour les éléments placés dans la portion du canal BC perpendiculaire à l'axe de rotation que la force centrifuge a un effet utile sur le ressort; pour la troisième portion du canal CD parallèle à l'axe, la force centrifuge appuie les galets sur la paroi extérieure du canal; aussi, pour que cette pression n'oppose pas de résistance appréciable au mouvement de la chaîne, celle-ci est-elle à rouleaux, et cette portion du canal CD légèrement inclinée par rapport à AB. (L'inclinaison du dessin est très exagérée.) Ainsi, quelle que soit la position de la chaîne dans le canal, la force qui agit sur le ressort est proportionnelle au carré de la vitesse.

» Le cylindre enregistreur E tourne avec l'ensemble et tourne sur son axe par l'intermédiaire d'un harnais formé d'une vis et roue dentée et d'un engrenage droit.

» La longueur CB de la chaîne soumise utilement à la force centrifuge peut être variée par le déplacement du canal CD, parallèlement à lui-même.

» Cette variation, ainsi que celles, au nombre de quatre, que l'on peut produire par les changements de place du train d'engrenages T et de la pointe P, permettent de se servir de l'appareil pour des machines dont les vitesses sont comprises entre 500 et 3000 tours par minute. Dans les différents cas, la force agissant sur le ressort lorsqu'il est à bout de course est de 150^{gr}, c'est-à-dire très grande et très suffisante pour un enregistrement. L'appareil complet a environ 0^m,30 de longueur.

» On obtient donc très rapidement sur le papier une courbe, $\omega^2 = f(\alpha)$, du carré de la vitesse en fonction de l'espace angulaire parcouru. D'autre part, on a dans le moteur

$$C_m = K \frac{d\omega}{dt},$$

d'où

$$C_m \omega dt = K \omega d\omega, \quad \text{d'où} \quad C_m = \frac{1}{2} K \frac{d(\omega^2)}{dx}.$$

» Le coefficient angulaire de la tangente en un point quelconque de la courbe est donc, à une constante près, égal au couple moteur.

» L'appareil est établi de manière que la courbe soit suffisamment allongée pour que l'on puisse presque toujours confondre la tangente avec la courbe elle-même, ce qui simplifie le relevé.

» Cet appareil peut non seulement servir à mesurer des couples moteurs d'appareils moteurs en vitesse, mais aussi des couples résistants.

» Supposons que, par un moyen quelconque, on ait lancé une dynamo à courant continu à une certaine vitesse; si l'on en excite les inducteurs et si on l'abandonne, sa vitesse décroît suivant une certaine loi qui dépend des résistances passives (frottements, hystérésis et courants de Foucault), c'est-à-dire d'un couple résistant qui peut être relevé, pour toutes les vitesses, de la même manière que le couple moteur d'un moteur. C'est en quelque sorte le perfectionnement d'une méthode proposée jadis par M. Bary et plus récemment par M. Routin pour l'étude des résistances passives d'une dynamo, et qui est surtout précieuse pour l'étude des résistances passives d'un alternateur.

» Le même appareil peut encore servir à l'étude des couples résistants ou moteurs de différents appareils mécaniques, tels que transmissions, machines-outils (il faut alors ajouter un volant), ventilateurs, etc., dans lesquels le couple peut être une fonction de la vitesse.

» Dans tous les cas, il n'est pas besoin de connaître la valeur du moment d'inertie K ; il suffit soit de connaître *une* valeur du couple pour une vitesse, ce qui permet de déduire K , soit de faire deux expériences, dont l'une avec un moment d'inertie supplémentaire connu K_1 , ce qui donne, pour une vitesse prise au hasard, deux tangentes dont les coefficients angulaires sont dans le rapport $\frac{K}{K + K_1}$, d'où K .

» Je signale en passant une des applications à la Mécanique. Dans une machine Corliss à grande vitesse la distribution *en vitesse* ne se fait pas toujours suivant l'épure de distribution, par suite des effets d'inertie auxquels sont soumises les pièces de la distribution dans leur mouvement alternatif. J'ai pu constater, par exemple, sur une machine, que, pour une position invariable du régulateur (il avait été calé à cet effet), l'admission était de 10 pour 100 à la vitesse

de 10 tours par minute, de 15 pour 100 à la vitesse de 70 tours et de 25 pour 100 à la vitesse de 120 tours. Cette constatation très intéressante a été assez laborieuse. En relevant avec l'appareil dont je viens de parler la courbe du couple moteur en fonction de la vitesse, pour une position déterminée du régulateur, l'opération aurait été faite bien plus rapidement. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Boucherot.

**ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR LES COURANTS ALTERNATIFS.**

[Suite.]

DEUXIÈME PARTIE.

SUR LA SYNCHRONISATION DES ALTERNATEURS ACCOUPlés EN PARALLÈLE.

I.

MOUVEMENTS OSCILLATOIRES DES ALTERNATEURS.

M. MAURICE LEBLANC. — « C'est un fait général que des mouvements pendulaires tendent toujours à se superposer au mouvement de rotation des alternateurs accouplés en parallèle.

» Ils amènent des variations du voltage efficace développé entre les conducteurs du réseau de distribution et, si leur amplitude dépasse certaines limites, ils peuvent amener le décrochage de l'alternateur qui en est le siège.

» Leur cause peut résider dans les variations périodiques du couple moteur développé sur l'axe de l'alternateur, dans des variations semblables du couple résistant développé sur l'axe des moteurs électriques alimentés par le réseau.....

» Sans nous préoccuper ici de l'étude des phénomènes de résonance électromécanique qui peuvent accroître l'amplitude de ces mouvements, nous allons indiquer un procédé qui permet de la réduire autant que l'on veut.

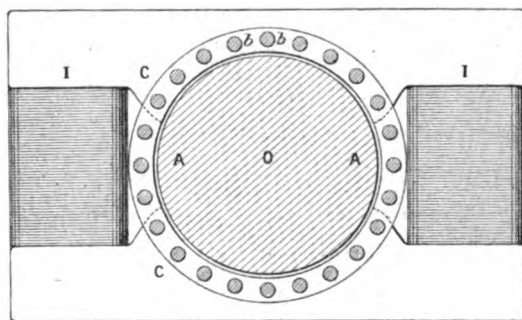
II.

AMORTISSEMENT DE CES MOUVEMENTS OSCILLATOIRES.

» Considérons, pour fixer les idées, le moteur synchrone schématiquement représenté par la *fig. 19*. C'est un moteur bipolaire du genre Manchester. Son armature AA pourra être disposée, à volonté pour l'usage des courants alternatifs simples ou polyphasés. Nous supposons, dans ce qui va suivre, que c'est une armature à courants alternatifs simples.

» Ce qui caractérise ce moteur, c'est la présence d'un écran magnétique fixe entourant l'espace où se meut l'armature supposée mobile. Il est constitué par une série de barres de cuivre parallèles à l'axe O du moteur, rivées à leurs deux extrémités dans deux cercles de cuivre CC concentriques à cet axe. Ces barres sont indiquées par les cercles *b, b, b, ...* sur la figure. Elles traversent les épanouissements polaires de l'inducteur I, I, dans une région aussi voisine que possible de l'entrefer.

Fig. 19.



» Nous allons voir que cet écran magnétique détermine un amortissement rapide des mouvements pendulaires dont pourrait être animée l'armature du moteur considéré.

» Supposons, en effet, cette armature synchronisée alors qu'elle est alimentée par un courant alternatif simple de fréquence α .

» Elle tend à engendrer deux flux tournant, par rapport à elle, avec la vitesse α mais l'un dans un sens et l'autre dans l'autre sens. Celui qui tourne dans le même sens qu'elle a dans l'espace une **vitesse** de rotation égale à 2α . Il coupe les circuits fermés sur eux-mêmes de l'écran avec cette vitesse et celui-ci s'oppose à son développement. L'autre **flux**, tournant en sens inverse de l'armature, demeure fixe dans l'espace tant qu'elle tourne avec la vitesse α . Il peut donc se développer librement à travers les circuits de l'écran sans y induire aucun courant.

» Mais si un mouvement pendulaire vient à se superposer au mouvement de rotation de l'armature, la direction dans l'espace de ce dernier flux participe à ce mouvement. D'où la production de courants de Foucault intenses dans les circuits de l'écran, une

grande consommation d'énergie et, par suite, un amortissement rapide des mouvements oscillatoires.

» C'est pourquoi l'on a appelé les circuits fermés sur eux-mêmes, constitués comme nous l'avons dit : *circuits amortisseurs*.

» L'action régulatrice, ainsi opérée par l'écran magnétique, est d'autant plus efficace, toutes choses égales d'ailleurs, que ses circuits fermés sur eux-mêmes sont plus conducteurs et qu'ils embrassent mieux le flux développé par l'armature.

» Mais la présence de cet écran a d'autres conséquences avantageuses : en s'opposant au développement du flux tournant en sens inverse de l'inducteur, qu'engendre l'armature, il divise très sensiblement par 2 sa réaction d'induit et fait disparaître en grande partie le bruit souvent intolérable que produisent les alternateurs à courant alternatif simple.

» Si l'on applique cet écran à un alternateur à courants polyphasés, il continue à assurer la stabilité du synchronisme et, s'il ne diminue plus dans la même proportion la réaction d'induit, son action dans ce sens est toujours bienfaisante, car il s'oppose à la production de toute variation rapide de flux dans les circuits inducteurs.

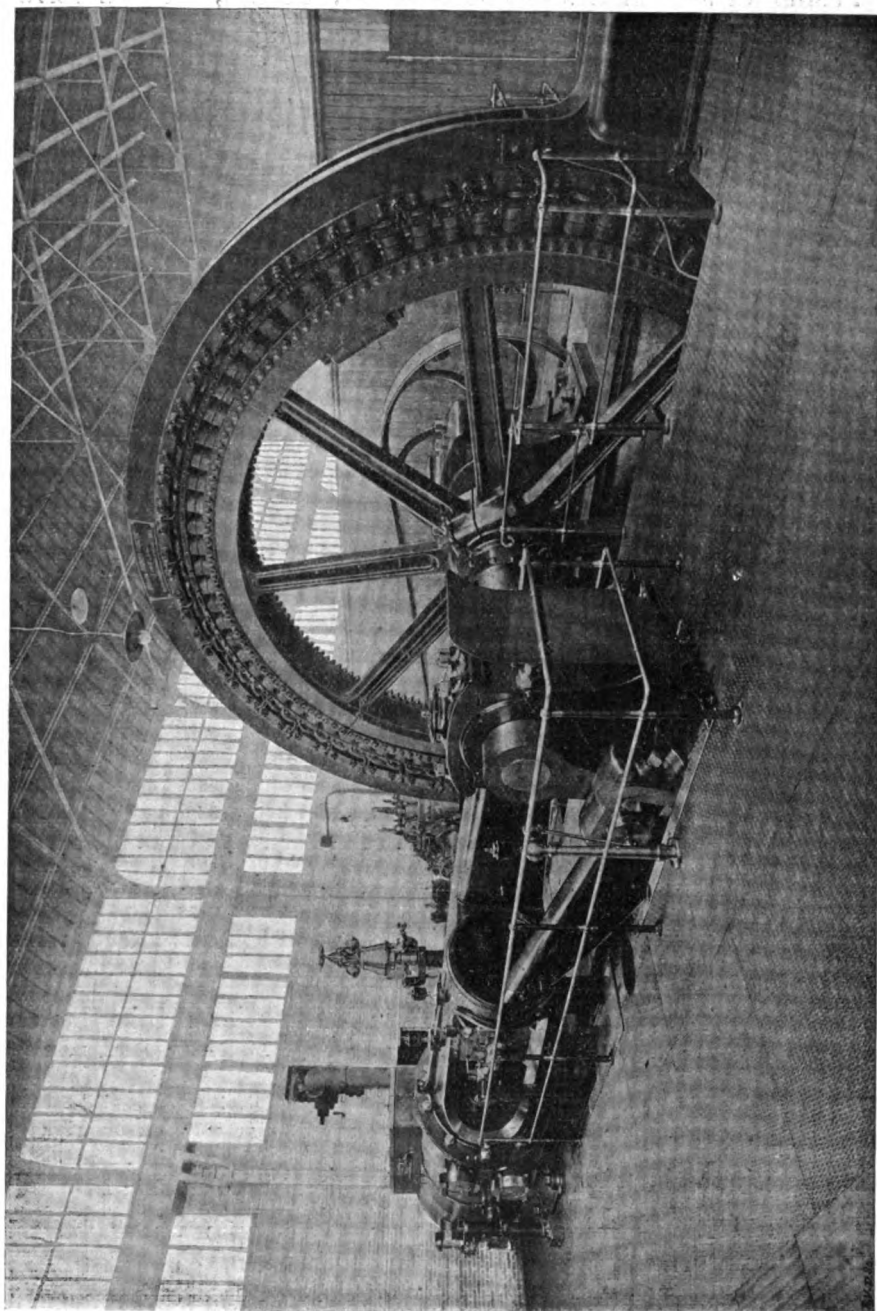
» Pour la même raison, les à-coups provoqués sur le réseau, notamment par la mise en marche d'un moteur asynchrone à cage d'écureuil, se trouvent, dans tous les cas, très atténués par sa présence.

» Nous avons été conduits à employer ces circuits amortisseurs, alors que nous nous préoccupions de redresser les courants fournis par les circuits secondaires d'un transformateur, car les oscillations des moteurs synchrones dont nous disposions auparavant s'opposaient à la bonne tenue des balais.

» Les bons résultats fournis par cette disposition ont engagé M. Farcot à l'appliquer à de grands alternateurs conduits par des machines à vapeur monocylindriques de son système. L'emploi des machines monocylindriques est très économique, mais la régularité du mouvement de rotation qu'elles déterminent est toujours plus faible que celle que l'on obtient avec des machines jumelles et la synchronisation d'alternateurs ainsi conduits est difficile.

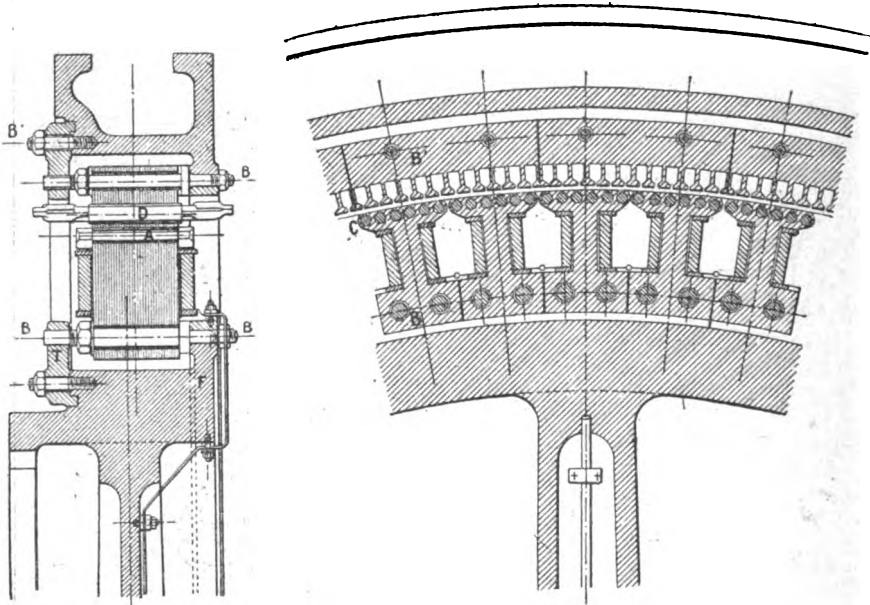
» Cette application a été faite avec succès aux alternateurs de

Fig. 20.



600 kilowatts, à courant alternatif simple, à la vitesse de 60 tours, de l'usine du secteur des Champs-Élysées, à Paris, dont on verra l'un d'eux représenté sur la *fig. 20*. La *fig. 21* montre comment sont disposés les circuits amortisseurs. L'usine électrique de Saint-Ouen

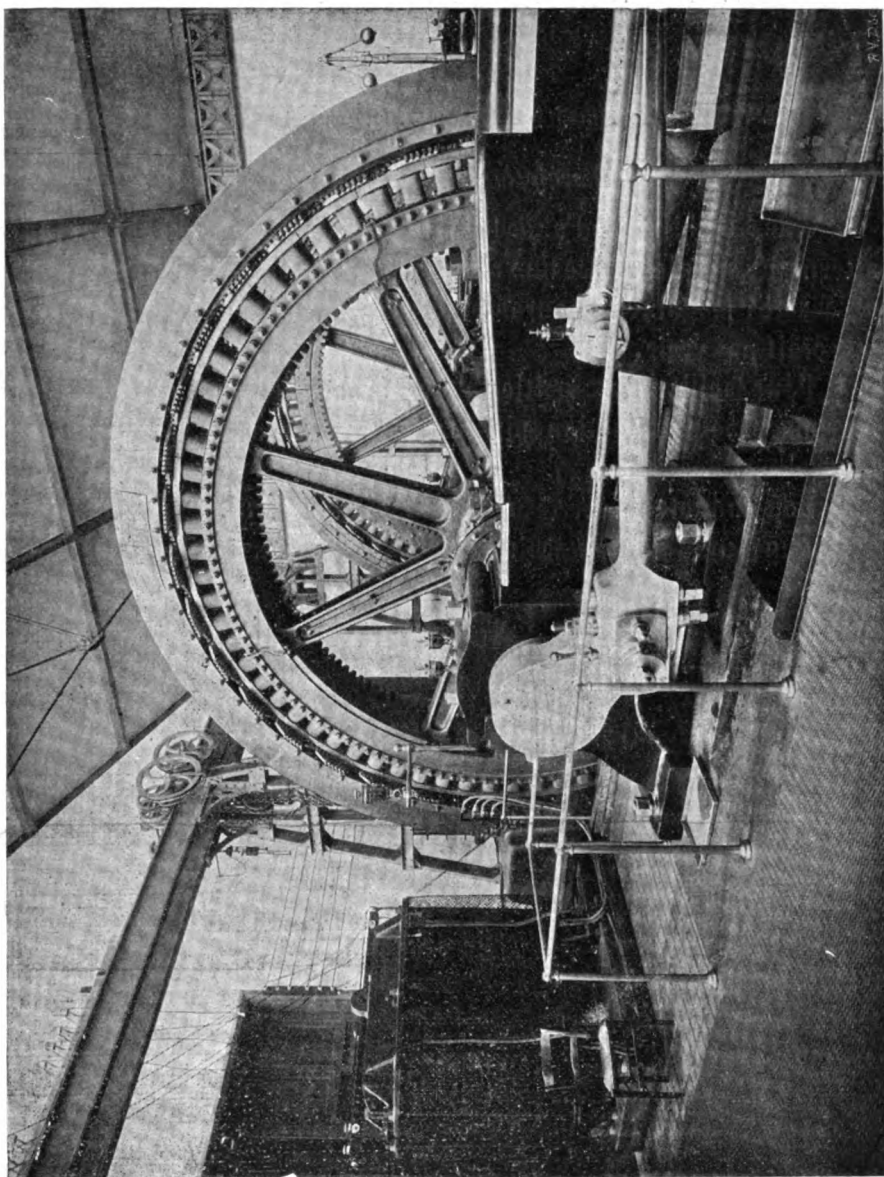
Fig. 21.



a été aussi munie de deux alternateurs de 250 kilowatts de ce système à courants biphasés et à la vitesse de 67 tours. La *fig. 22* représente cette installation. Ceux-ci sont mis en parallèle en service courant et, comme ils servent à alimenter des transformateurs redresseurs, afin d'augmenter la régularité de la fréquence du courant, on s'attache à accoupler les machines lorsque les manivelles de leurs machines à vapeur sont à angle droit. La régularité de la fréquence est alors la même que si l'on avait un seul alternateur commandé par des machines à vapeur jumelles, et la liaison effectuée par les actions électriques remplace la liaison mécanique. Nous ne pensons pas que semblable résultat ait déjà été obtenu en exploitation courante.

» D'autres applications ont été faites de ce système, notamment à l'usine électrique de Saumur, ou sont en préparation en France et à l'étranger.

Fig. 22.



TROISIÈME PARTIE.

ÉTUDE SPÉCIALE DES PROPRIÉTÉS DES MACHINES D'INDUCTION.

I.

PROPRIÉTÉS DES MACHINES D'INDUCTION A COURANTS ALTERNATIFS SIMPLES.

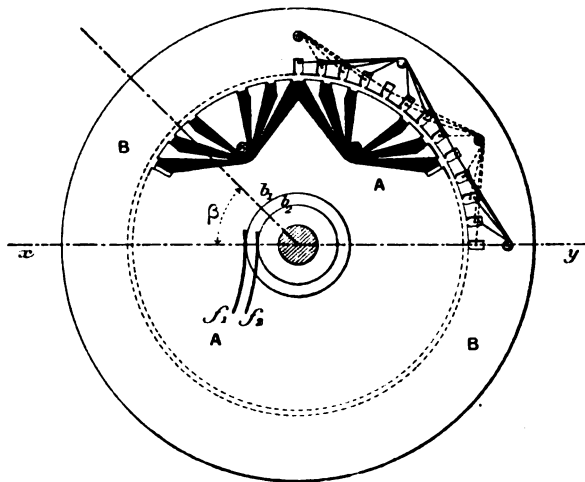
1^o Description d'une machine type.

» Nous établirons d'abord la théorie des machines à courants alternatifs simples parce que rien ne sera plus facile que de l'étendre au cas des machines à courants polyphasés, alors que la réciproque ne serait pas vraie.

» Pour faciliter l'exposition de cette théorie, nous considérerons une machine d'induction constituée d'une manière spéciale et que nous allons décrire.

» Son inducteur AA (voir le schéma de la *fig. 23*) se compose d'un anneau du genre Paccinotti à $2n$ pôles (six sur la figure) dont

Fig. 23.



les entailles ont une profondeur variable pour que l'on puisse y loger des nombres de spires différents. Le système d'enroulement adopté est représenté sur le schéma. Si l'on désigne par ν un nombre constant de spires et par β l'angle que fait le diamètre passant par le milieu d'une entaille avec un diamètre xy pris pour origine, le

nombre N de spires passant dans cette entaille a pour expression

$$N = \nu \sin n\beta.$$

» Deux bagues b_1 et b_2 tournant avec l'inducteur et sur lesquelles s'appuient deux frotteurs fixes f_1 et f_2 servent de points d'entrée et de sortie au courant.

» Les circuits induits, au nombre de deux, sont disposés le long d'une couronne de tôles BB à denture interne. Leur mode d'enroulement est semblable à celui de l'inducteur. On a représenté schématiquement, sur la *fig. 23*, l'enroulement du premier circuit par des traits pleins et celui du second par des traits pointillés.

» Si l'on désigne par ν' un autre nombre constant de spires et par β l'angle que fait le diamètre passant par le milieu d'une entaille de la couronne BB avec le diamètre xy pris pour origine, les nombres N_1 et N_2 de spires appartenant aux deux circuits induits, qui seront logés dans cette entaille, auront respectivement pour expressions

$$N_1 = \nu' \sin n\beta, \quad N_2 = \nu' \cos n\beta.$$

» Ces circuits induits sont fermés sur eux-mêmes.

» Nous désignerons par :

R la résistance de l'inducteur,

L son coefficient de self-induction,

M_1 son coefficient d'induction mutuelle avec le premier circuit induit,

M_2 son coefficient d'induction mutuelle avec le second circuit induit,

μ la valeur maxima des coefficients d'induction M_1 et M_2 ,

ρ la résistance de chaque circuit induit,

A le coefficient de self-induction de chaque circuit induit,

α la fréquence du courant alternatif qui traverse l'inducteur,

ω sa vitesse de rotation,

I l'intensité du courant dans l'inducteur,

J l'intensité du courant dans le premier circuit induit,

J' l'intensité du courant dans le second circuit induit.

» Nous supposons que l'on a

$$I = A \sin 2\pi\alpha t.$$

Il résulte du mode de construction de la machine que l'on peut écrire

$$\mathbf{M}_1 = \mu \sin 2\pi n\omega t, \quad \mathbf{M}_2 = \mu \cos 2\pi n\omega t.$$

2° *Théorie du fonctionnement de cette machine.*

» *a. Intensité J.* — Nous avons à chaque instant

$$0 = \rho J + \Lambda \frac{dJ}{dt} + \frac{d}{dt}(\mathbf{M}_1 \mathbf{l})$$

ou

$$0 = \rho J + \Lambda \frac{dJ}{dt} + 2\pi\alpha\mu\Lambda \sin 2\pi(n\omega)t \cos 2\pi\alpha t \\ + 2\pi(n\omega)\mu\Lambda \sin 2\pi\alpha t \cos 2\pi(n\omega)t$$

ou

$$0 = \rho J + \Lambda \frac{dJ}{dt} - 2\pi(\alpha - n\omega) \frac{\mu\Lambda}{2} \sin 2\pi(\alpha - n\omega)t \\ + 2\pi(\alpha + n\omega) \frac{\mu\Lambda}{2} \sin 2\pi(\alpha + n\omega)t.$$

» Posons

$$J = J_1 \sin 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] - J_2 \sin 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi],$$

en désignant par J_1 et J_2 des intensités constantes, et par φ et ψ des différences de phases également constantes. On voit immédiatement que l'on a

$$J_1 = 2\pi(\alpha - n\omega) \frac{\mu\Lambda}{2\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\Lambda^2}},$$

$$J_2 = 2\pi(\alpha + n\omega) \frac{\mu\Lambda}{2\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha + n\omega)^2\Lambda^2}},$$

$$\tan 2\pi\varphi = 2\pi(\alpha - n\omega) \frac{\Lambda}{\rho}, \quad \tan 2\pi\psi = 2\pi(\alpha + n\omega) \frac{\Lambda}{\rho}.$$

» *b. Intensité J'.* — On trouverait, de la même manière,

$$J' = -J_1 \cos 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] - J_2 \cos 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi].$$

» *c. Expression du travail $\bar{\epsilon}$ développé par la rotation de l'inducteur.*

— On a, à chaque instant,

$$\frac{d\bar{\epsilon}}{dt} = \Lambda \sin 2\pi\alpha t \left(J \frac{d\mathbf{M}_1}{dt} + J' \frac{d\mathbf{M}_2}{dt} \right),$$

ou

$$\frac{d\bar{\epsilon}}{dt} = 2\pi(n\omega)\mu\Lambda \sin 2\pi\alpha t \left\{ \begin{array}{l} J_1 \sin 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] \cos 2\pi(n\omega)t \\ - J_2 \sin 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi] \cos 2\pi(n\omega)t \\ - J_2 \cos 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] \sin 2\pi(n\omega)t \\ + J_1 \cos 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi] \sin 2\pi(n\omega)t \end{array} \right\},$$

ou

$$\frac{d\mathcal{E}}{dt} = 2\pi(n\omega)\mu A \sin 2\pi\alpha t [J_1 \sin 2\pi(\alpha t - \varphi) - J_2 \sin 2\pi(\alpha t - \psi)].$$

» Le travail fourni varie à chaque instant. Sa valeur moyenne, par seconde, $\mathcal{E}_1$, a pour expression

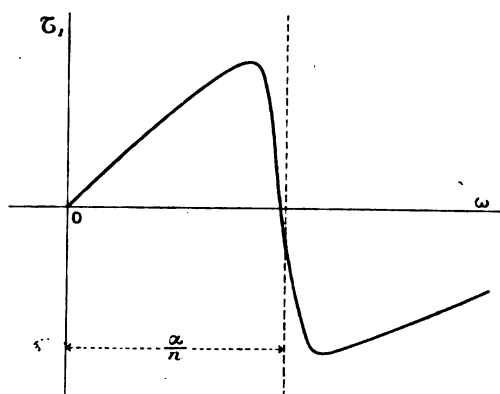
$$\mathcal{E}_1 = \pi(n\omega)\mu A (J_1 \cos 2\pi\varphi - J_2 \cos 2\pi\psi),$$

ou, en remplaçant les termes $J_1 \cos 2\pi\varphi$ et $J_2 \cos 2\pi\psi$ par leurs valeurs trouvées ci-dessus

$$\mathcal{E}_1 = \frac{\pi}{2}(n\omega)\mu^2 A^2 \rho \left[\frac{2\pi(\alpha - n\omega)}{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2 A^2} - \frac{2\pi(\alpha + n\omega)}{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha + n\omega)^2 A^2} \right].$$

» Si nous représentons par une courbe les variations du couple développé sur la machine en fonction de la vitesse ω , l'intensité A étant supposée constante, cette courbe affecte la forme représentée sur la *fig. 24*.

Fig. 24.



» Le couple nul pour $\omega = 0$ croît rapidement avec la vitesse, en étant moteur, passe par un maximum, puis redevient nul pour une valeur de ω légèrement inférieure à $\frac{\alpha}{n}$. Il change de signe, devient résistant, repasse ainsi par un autre maximum et décroît ensuite tant que la vitesse continue à croître.

» Il résulte de ce qui précède qu'une machine d'induction à courants alternatifs simples, dont l'inducteur est parcouru par un courant d'intensité efficace constante, peut fournir ou absorber du travail suivant la vitesse à laquelle on la fait tourner.

» Nous verrons plus loin que, lorsqu'elle absorbe du travail, elle fonctionne en réalité comme génératrice.

» *d. Force électromotrice nécessaire pour déterminer le passage du courant d'intensité $I = A \sin 2\pi\alpha t$ dans l'inducteur.* — Nous avons

$$E = RI + L \frac{dI}{dt} + \frac{d}{dt} (M_1 J + M_2 J')$$

ou

$$\begin{aligned} E = RI + L \frac{dI}{dt} + 2\pi(\alpha - n\omega)\mu J_1 \{ & \cos 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] \sin 2\pi(n\omega)t \\ & + \sin 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] \cos 2\pi(n\omega)t \} \\ + 2\pi(n\omega)\mu J_1 \{ & \sin 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] \cos 2\pi(n\omega)t \\ & + \cos 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] \sin 2\pi(n\omega)t \} \\ + 2\pi(\alpha + n\omega)\mu J_2 \{ & -\cos 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi] \sin 2\pi(n\omega)t \\ & + \sin 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi] \cos 2\pi(n\omega)t \} \\ + 2\pi(n\omega)\mu J_2 \{ & -\sin 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi] \cos 2\pi(n\omega)t \\ & + \cos 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi] \sin 2\pi(n\omega)t \} \end{aligned}$$

ou

$$E = RI + L \frac{dI}{dt} + 2\pi\alpha\mu J_1 \sin 2\pi(\alpha t - \varphi) + 2\pi\alpha\mu J_2 \sin 2\pi(\alpha t - \psi).$$

» Posons $I = A \sin 2\pi\alpha t$, les quantités J_1 , J_2 , φ et ψ sont alors déterminées et il vient

$$\begin{aligned} E = & \left\{ R + 4\pi^2\alpha(\alpha - n\omega) \frac{\mu^2\rho}{2[\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\Lambda^2]} \right. \\ & \left. + 4\pi^2\alpha(\alpha + n\omega) \frac{\mu^2\rho}{2[\rho^2 + 4\pi^2(\alpha + n\omega)^2\Lambda^2]} \right\} A \sin 2\pi\alpha t \\ & + 2\pi\alpha \left\{ L - \frac{4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\Lambda\mu^2}{2[\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\Lambda^2]} \right. \\ & \left. - \frac{4\pi^2(\alpha + n\omega)^2\Lambda\mu^2}{2[\rho^2 + 4\pi^2(\alpha + n\omega)^2\Lambda^2]} \right\} A \cos 2\pi\alpha t. \end{aligned}$$

» *e. Intensité du courant traversant l'inducteur, lorsqu'on établit entre ses extrémités une différence de potentiels alternative :* $E = E_0 \sin 2\pi\alpha t$. — Pour simplifier l'écriture, nous désignerons par les lettres P et Q les coefficients des termes $A \sin 2\pi\alpha t$ et $A \cos 2\pi\alpha t$, dans l'expression trouvée précédemment pour la force électromotrice E. Elle deviendra

$$E = PA \sin 2\pi\alpha t + QA \cos 2\pi\alpha t.$$

» Posons $E = E_0 \sin 2\pi(\alpha t + \chi)$, nous aurons

$$(1) \quad E_0 = A \sqrt{P^2 + Q^2},$$

$$(2) \quad \tan 2\pi\chi = \frac{Q}{P}.$$

» Mais, au lieu d'écrire

$$E_0 \sin 2\pi(\alpha t + \chi) = PA \sin 2\pi\alpha t + QA \cos 2\pi\alpha t,$$

nous pouvons écrire, en changeant l'origine des temps,

$$E_0 \sin 2\pi\alpha t = PA \sin 2\pi(\alpha t - \chi) + QA \cos 2\pi(\alpha t - \chi).$$

» Des équations (1) et (2) nous tirons

$$A = \frac{E_0}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \quad A \cos 2\pi\chi = E_0 \frac{P}{P^2 + Q^2},$$

$$A \sin 2\pi\chi = E_0 \frac{Q}{P^2 + Q^2}.$$

» L'intensité I du courant qui traverse l'inducteur sous l'influence d'une force électromotrice $E = E_0 \sin 2\pi\alpha t$ a pour expression

$$I = A \sin 2\pi(\alpha t - \chi) = E_0 \frac{P}{P^2 + Q^2} \sin 2\pi\alpha t - E_0 \frac{P}{P^2 + Q^2} \cos 2\pi\alpha t.$$

» Ce courant peut être considéré comme la superposition de deux courants, l'un dont l'intensité est de même phase que la force électromotrice E , l'autre dont l'intensité présentera une différence de phase d'un quart d'onde avec cette force électromotrice.

» Suivant l'usage établi, nous appellerons ces courants : *courant watté* et *courant déwatté*.

» Le courant watté emprunte ou fournit de l'énergie à la source de force électromotrice qui maintient la différence de potentiels E entre les extrémités de l'inducteur, suivant le signe de la quantité P . Le courant déwatté ne sert qu'à engendrer des flux.

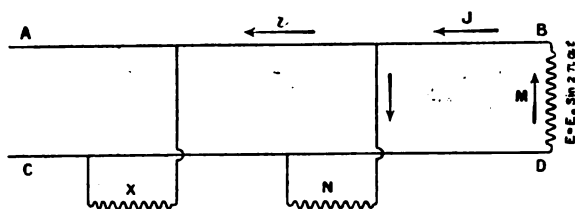
» La quantité P change de signe (*voir plus haut son expression*) lorsque la vitesse de rotation ω de l'inducteur est voisine de la vitesse du synchronisme. La machine considérée fournira donc de l'énergie à la source de force électromotrice agissant entre ses extrémités et, par suite, fonctionnera comme génératrice, si l'on imprime à son inducteur une vitesse supérieure à celle du synchronisme.

II.

SERVICES QUE PEUT RENDRE UNE MACHINE D'INDUCTION A CIRCUITS INDUITS FERMÉS SUR EUX-MÊMES, EMPLOYÉE COMME GÉNÉRATRICE DE COURANTS ALTERNATIFS SIMPLES.

» Soient AB, CD une ligne à deux conducteurs chargée de distribuer des courants alternatifs simples, fournis par une source quelconque M de force électromotrice alternative et une machine d'induction N telle que la précédente (*fig. 25*).

Fig. 25.



» Nous appellerons :

» r et l la résistance et le coefficient de self-induction du circuit d'utilisation X de ces courants. Supposons que la source de force électromotrice M maintienne une différence de potentiels alternative, de grandeur efficace constante, $E = E_0 \sin 2\pi \alpha t$ entre les conducteurs AB et CD.

» Soient

J l'intensité du courant débité par la source M,

I l'intensité du courant consommé par la machine N,

i l'intensité du courant consommé par le circuit X,

en convenant de considérer ces intensités comme positives, lorsque les courants sont dirigés dans le sens des flèches de la *fig. 25*.

» Nous aurons à chaque instant

$$J = I + i,$$

$$E_0 \sin 2\pi \alpha t = ri + l \frac{di}{dt},$$

$$I = E_0 \frac{P \sin 2\pi \alpha t}{P^2 + Q^2} - E_0 \frac{Q}{P^2 + Q^2} \cos 2\pi \alpha t.$$

» Posons

$$i = a \sin 2\pi \alpha t - b \cos 2\pi \alpha t;$$

il vient

$$a = E_0 \frac{r}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}, \quad b = E_0 \frac{2\pi \alpha l}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2},$$

d'où

$$J = E_0 \left(\frac{r}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2} + \frac{P}{P^2 + Q^2} \right) \sin 2\pi \alpha t \\ - E_0 \left(\frac{2\pi \alpha l}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2} + \frac{Q}{P^2 + Q^2} \right) \cos 2\pi \alpha t.$$

» Le premier terme de cette expression représente le courant watté que doit fournir la source de force électromotrice M et le second représente le courant déwatté que doit fournir également la même source.

» Nous avons vu que, en disposant convenablement de la vitesse de la machine N, nous pouvons rendre négative la quantité P. Nous pouvons donc poser

$$\frac{r}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2} + \frac{P}{P^2 + Q^2} = 0.$$

» Autrement dit, la machine N pourra fournir tout ou partie des courants wattés demandés par le service de la canalisation.

» Il n'en est pas de même pour la quantité Q. En effet, nous avons

$$Q = 2\pi \alpha \left\{ L - \frac{4\pi^2 (\alpha - n\omega)^2 \Lambda \mu^2}{2[\rho^2 + 4\pi^2 (\alpha - n\omega)^2 \Lambda^2]} + \frac{4\pi^2 (\alpha + n\omega)^2 \Lambda \mu^2}{2[\rho^2 + 4\pi^2 (\alpha + n\omega)^2 \Lambda^2]} \right\}$$

ou

$$Q = 2\pi \alpha \frac{\{\rho^4 L + 16\pi^4 [\alpha^2 - (n\omega)^2]^2 \Lambda^3 (\Lambda L - \mu^2) + 4\pi^2 [\alpha^2 + (n\omega)^2] \rho^2 \Lambda (2\Lambda L - \mu^2)\}}{[\rho^2 + 4\pi^2 (\alpha - n\omega)^2 \Lambda^2][\rho^2 + 4\pi^2 (\alpha + n\omega)^2 \Lambda^2]}.$$

» Tous les termes de cette expression qui sont fonction de la vitesse ω sont essentiellement positifs.

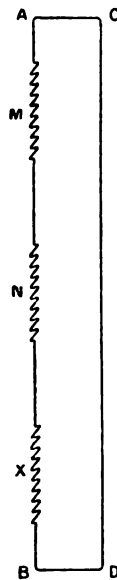
» Pour que la quantité Q pût être rendue négative, il faudrait que la différence $(\Lambda L - \mu^2)$ fût négative. Cette condition ne sera jamais remplie dans une machine d'induction à circuits induits fermés sur eux-mêmes, car on a toujours $\Lambda L \geq \mu^2$, et l'on n'aurait $\Lambda L = \mu^2$ que dans une machine parfaite.

» Si l'on branchait plusieurs machines d'induction, telles que la machine N, entre les conduites de distribution AB, CD (*fig. 25*), toutes ces machines concourraient simultanément à la production des courants wattés, celle qui tournerait le plus vite absorbant le

plus de travail et réciproquement. Ces machines pourraient donc être accouplées entre elles, sans aucune condition de synchronisme, comme des machines à courant continu. Mais la source de force électromotrice devrait toujours fournir la totalité des courants déwattés demandés par le service de la canalisation et ceux nécessaires à l'excitation de toutes les machines d'induction.

» Supposons maintenant qu'au lieu d'accoupler en parallèle la source de force électromotrice M et la machine d'induction N, on les accouple en série, comme il est représenté sur la *fig. 26*, et que

Fig. 26.



l'on veuille maintenir un courant d'intensité efficace constante dans un circuit en forme de boucle comprenant la source M, la machine d'induction N et le circuit d'utilisation proprement dit X.

» Désignons toujours par r et l la résistance et le coefficient de self-induction de ce circuit d'utilisation (la résistance et le coefficient de self-induction du conducteur qui sert à fermer le circuit étant compris dans ces valeurs).

» Soit $I = A \sin 2\pi z t$ l'intensité du courant débité.

» La force électromotrice développée entre les bornes de la machine d'induction sera

$$E = PA \sin 2\pi z t + QA \cos 2\pi z t.$$

» La force électromotrice que devra développer la source M sera donc

$$e = (P + r) A \sin 2\pi\alpha t + (Q + 2\pi\alpha l) A \cos 2\pi\alpha t.$$

» La quantité $P + r$ peut être rendue nulle, en communiquant une vitesse de rotation convenable à la machine d'induction, mais les termes Q et $2\pi\alpha l$ sont toujours de même signe.

» Nous pourrions accoupler en série avec la source M plusieurs machines d'induction : toutes concourraient simultanément à la production des forces électromotrices de même phase que le courant; celle qui tournerait le plus vite absorberait le plus de travail et réciproquement.

» Des machines d'induction peuvent donc être accouplées en série comme des machines à courant continu, mais elles doivent être accompagnées d'une source de force électromotrice capable de produire toutes les forces électromotrices ayant une différence de phases d'un quart de période avec l'intensité du courant.

» Nous arrivons ainsi aux conclusions suivantes :

» 1^o On peut accoupler en parallèle des machines d'induction à circuits induits fermés sur eux-mêmes et à courants alternatifs simples et les brancher sur un réseau de distribution. Ces machines pourront fournir la totalité des courants wattés demandés par le service du réseau, mais tous les courants déwattés nécessités par ce même service ou par l'excitation des machines d'induction devront être fournis par une source spéciale de force électromotrice.

» 2^o On peut accoupler ces mêmes machines en série dans un circuit en forme de boucle : elles pourront développer toutes les forces électromotrices nécessaires qui seront de même phase que le courant, mais toutes les forces électromotrices en quadrature avec ce dernier devront être engendrées par une source spéciale.

» 3^o Dans les deux cas, les machines d'induction ne seront pas assujetties à tourner synchroniquement. Leur accouplement se fera comme celui des machines à courant continu; celle qui tournera le plus vite absorbera le plus de travail, et réciproquement.

» Ces conclusions ont été complètement vérifiées d'abord dans les ateliers de la maison Farcot, avec des machines de moyennes dimensions, puis à l'usine de Saint-Ouen, au moyen des deux alternateurs représentés sur la *fig. 22*.

» Ces alternateurs étant munis de circuits amortisseurs, il suffisait de ne pas exciter l'inducteur de l'un d'eux pour en faire une machine asynchrone.

» Nous signalerons notamment l'expérience suivante qui a été maintes fois répétée depuis :

» Les deux alternateurs étant excités tous les deux et mis en parallèle : on supprime l'excitation de l'un d'eux et on le transforme ainsi en machine asynchrone. En regardant sa couronne de pôles au travers de celle de l'autre alternateur, on voit que ses pôles, qui paraissaient fixes dans l'espace lorsque les alternateurs étaient synchronisés, prennent une faible vitesse qui représente la différence des vitesses des deux machines. C'est celle qui n'est pas excitée qui tourne le plus vite.

» On supprime alors toute introduction de vapeur dans le moteur de l'alternateur qui a été excité. Il continue à tourner en entraînant avec lui son moteur à vapeur.

» Dans ces conditions, la machine asynchrone fournit tous les courants wattés nécessaires à l'entretien du mouvement de l'autre alternateur qui est demeuré excité. Celui-ci fournit au contraire les courants déwattés nécessaires à l'excitation de la machine asynchrone.

III.

CONDITION A REMPLIR POUR QU'UNE MACHINE D'INDUCTION PUISSE TOUJOURS ÊTRE EMPLOYÉE COMME GÉNÉRATRICE.

» Pour qu'une machine d'induction puisse toujours être employée comme génératrice, il faut que, au lieu de demander à une première source d'électricité les courants déwattés nécessaires à son excitation, elle soit capable de les engendrer elle-même ainsi que les courants wattés ou déwattés demandés par le service de la canalisation desservie par elle.

» Pour cela, il faut rendre négative la quantité Q considérée précédemment comme la quantité P , ce que nous ne pouvons faire, d'après ce qui a été dit plus haut, qu'en diminuant artificiellement l'un des coefficients L ou Λ .

» Le raisonnement suivant va montrer que c'est le coefficient Λ qu'il convient de diminuer.

» Dans une machine d'induction à circuits induits fermés sur eux-mêmes, le courant alternatif qui développe le flux agissant à l'intérieur de la machine a la fréquence α . Cette fréquence étant toujours élevée, le travail apparent qu'il faut fournir pour faire passer ce courant est très supérieur au travail réel correspondant à la quantité de chaleur dégagée par son passage.

» Si le flux était développé par des courants traversant les circuits induits, ces courants devraient fournir les mêmes nombres d'ampères-tours, autour des mêmes tubes de force magnétiques, que le courant d'excitation précédent, mais ils n'auraient que la fréquence $(\alpha - n\omega)$ pratiquement quarante fois plus petite que la fréquence α . Le travail apparent nécessaire pour faire passer ces courants serait à peine supérieur au travail réel correspondant à la quantité de chaleur dégagée par leur passage.

» Si nous rendons négative la quantité Q en diminuant artificiellement le coefficient Λ , les courants qui traverseront l'inducteur n'exerceront qu'une action démagnétisante sur les flux traversant les circuits qu'ils parcourent et ces flux ne pourront être développés que par des courants traversant les circuits induits.

» Donc, en diminuant le coefficient Λ , nous exciterons notre machine avec des courants de fréquence $(\alpha - n\omega)$, tandis que nous l'exciterions toujours avec des courants de fréquence α si nous diminuons le coefficient L .

» Pour diminuer artificiellement le coefficient de self-induction d'un circuit, il faut lui adjoindre un appareil capable de fournir une partie du travail apparent nécessaire pour y faire passer le courant alternatif voulu. Il est évident que les dimensions de cet appareil pourront être d'autant plus petites qu'il aura moins de travail apparent à fournir.

» Il convient donc, pour transformer en véritable génératrice une machine d'induction, de diminuer artificiellement le coefficient de self-induction de ses circuits induits et non celui de son circuit inducteur.

IV.

MODIFICATION A APPORTER AU MODE DE CONSTRUCTION DES MACHINES D'INDUCTION.

» Les circuits induits de la machine d'induction ne pourront plus être fermés sur eux-mêmes, mais devront l'être sur des appareils extérieurs capables de développer les forces électromotrices nécessaires pour assurer la diminution apparente des coefficients de self-induction Λ .

» Bien que cela n'entraîne aucune complication sérieuse, comme on a attaché une grande importance à ce fait que, les circuits induits des machines d'induction étant fermés sur eux-mêmes, elles étaient dépourvues de tout contact mobile : il nous paraît utile de décrire, dès à présent, une disposition permettant de rendre fixes les circuits inducteurs et induits et dans laquelle seuls des circuits intermédiaires fermés sur eux-mêmes seront mobiles.

» Cette disposition est représentée sur les *fig.* 27, 28 et 29.

» Elle comporte l'emploi de deux machines distinctes AA, BB groupées sur un même bâti, autour d'un même axe OO (voir *fig.* 28). La *fig.* 27 représente deux demi-coupes faites par un plan normal à l'axe, l'une dans la machine AA, l'autre dans la machine BB.

» La machine AA se compose de :

» 1^o Une couronne de tôles fixes CC portant un enroulement d'inducteur de machine d'induction à courant alternatif simple. Nous avons supposé cet enroulement constitué avec des barres. Les connexions qui relient leurs extrémités situées sur la face avant de la machine sont représentées par des traits continus sur la demi-coupe correspondante de la *fig.* 27. Les autres sont représentées par des traits pointillés.

» 2^o Une couronne de tôles mobile DD. Dans une région très voisine de la périphérie de cette couronne sont disposées des barres de cuivre telles que *bb*, isolées de la masse et régulièrement réparties autour de l'axe de la machine.

» Les extrémités de ces barres tournées vers l'extérieur du système sont reliées électriquement et mécaniquement par un cercle de cuivre *ee* où elles sont encastrées.

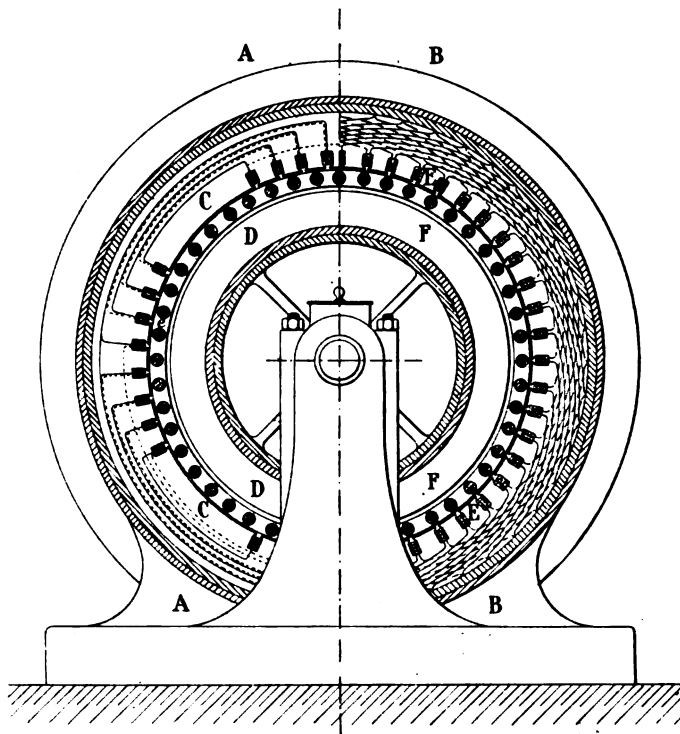
» Leurs autres extrémités seront individuellement reliées aux

extrémités des barres appartenant à la couronne mobile de la machine BB, comme il sera dit plus loin.

» La machine BB se compose de :

» 1° Une couronne de tôles fixe EE portant soit plusieurs circuits identiques régulièrement décalés les uns par rapport aux

Fig. 27.



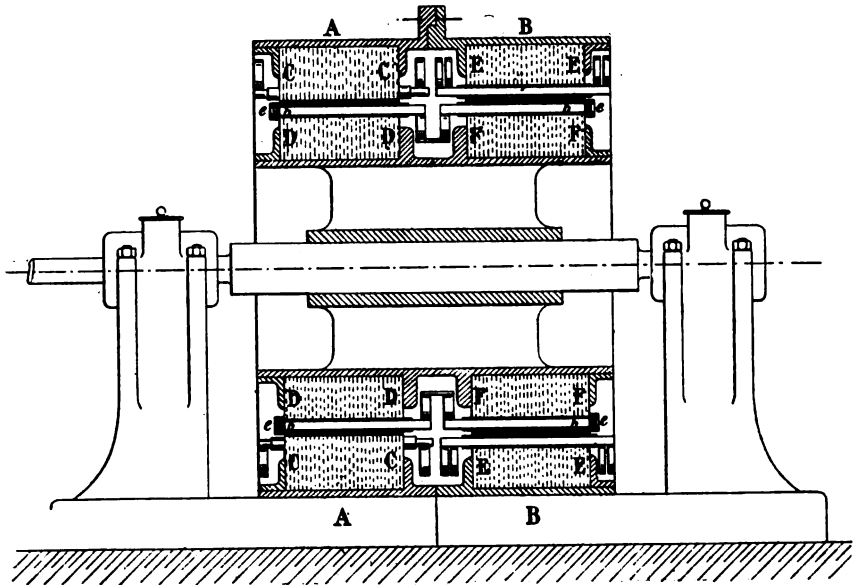
autres, soit un enroulement d'armature de machine à courant continu. Cet enroulement peut encore être constitué à l'aide de barres et de développantes de cercle, comme il est représenté sur les *fig.* 27 et 28.

» 2° Une couronne de tôles mobile FF. Les circuits portés par cette couronne sont formés et disposés de la même manière que ceux de la couronne DD. En particulier, les nombres de barres qui les composent sont égaux.

» Les connexions entre les extrémités, tournées vers l'intérieur de la machine, des barres appartenant aux deux couronnes mobiles DD et FF sont faites de la manière suivante :

» Supposons, pour fixer les idées, que les enroulements des couronnes fixes CC et EE soient à quatre pôles et que les couronnes mobiles soient munies chacune de quarante-huit barres, comme il est représenté sur les *fig. 27* et *28*.

Fig. 28.



» Considérons les extrémités libres de vingt-quatre barres consécutives appartenant à la couronne DD et les extrémités libres de vingt-quatre barres consécutives appartenant à la couronne FF.

» Sur la *fig. 29*, nous numérotions 1, 2, 3, ..., 24 les extrémités des barres appartenant à la couronne DD et 1', 2', 3', ..., 24' celle des barres appartenant à la couronne FF.

» Nous relions, comme on le voit sur cette figure :

L'extrémité libre de la barre	1	à celle de la barre	24'.
»	»	» 2	» 23',
»	»	» 3	» 22',
.....			
»	»	» 24	» 1'.

» De cette manière, si les barres 1, 2, 3, ..., 24 sont parcourues par des courants alternatifs de même fréquence, mais dont les intensités soient successivement décalées de $\frac{1}{24}$ de période et aient

pour expressions

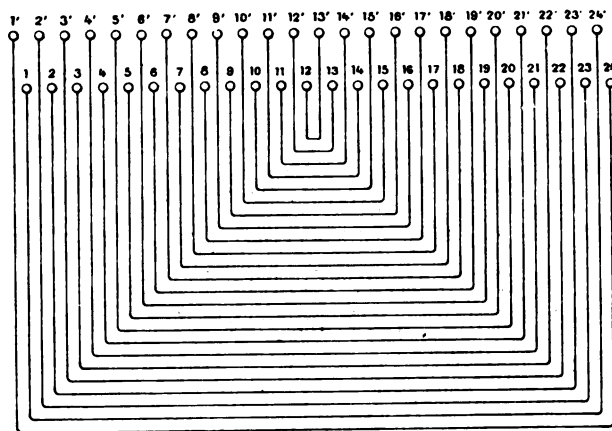
$$i_1 = a \sin 2\pi\omega t, \quad i_2 = a \sin 2\pi\left(\omega t + \frac{1}{24}\right), \quad \dots, \quad i_{24} = a \sin 2\pi\left(\omega t + \frac{23}{24}\right),$$

les courants qui parcourront les barres 1', 2', 3', ..., 24' présenteront des différences de phases se succédant en ordre inverse et auront les intensités

$$i'_1 = a \sin 2\pi\left(\omega t + \frac{23}{24}\right), \quad i'_2 = a \sin 2\pi\left(\omega t + \frac{22}{24}\right), \quad \dots, \quad i'_{24} = a \sin 2\pi\omega t.$$

» Il en résulte que, si les premiers courants développent un champ tournant dans un sens à la surface de la couronne DD, les seconds développeront un champ tournant en sens inverse à la surface de la couronne FF.

Fig. 29.



» Dans ces conditions, les circuits de la couronne CC serviront d'inducteur à la machine AA et les circuits de la couronne DD de circuits induits.

» Ceux-ci, au lieu d'être fermés eux-mêmes, enverront des courants alternatifs dans les circuits de la couronne mobile FF.

» Ces circuits serviront d'inducteurs à la machine BB dont l'induit sera constitué par les circuits de la couronne fixe EE.

» Notre génératrice sera ainsi formée par la réunion sur un même bâti et autour d'un même axe de deux machines d'induction montées en cascade.

» Une semblable machine devra recevoir, pour même fréquence des courants engendrés, une vitesse de rotation deux fois plus petite qu'une machine ordinaire, ce qui revient à dire qu'à égalité de

vitesse tangentielle on pourra donner un développement deux fois plus grand à chacun de ses éléments, ce qui est un avantage considérable en lui-même.

» Mais les principes du fonctionnement d'une semblable machine étant identiques à ceux d'une machine ordinaire munie de bagues de prise de courant et de frotteurs, et ces dernières étant plus faciles à représenter, nous supposerons, dans ce qui va suivre, que nous avons toujours à faire à elles.

V.

PROCÉDÉS PERMETTANT DE DIMINUER ARTIFICIELLEMENT LES COEFFICIENTS DE SELF-INDUCTION DES CIRCUITS INDUITS D'UNE MACHINE D'INDUCTION.

1° *Application des propriétés des condensateurs.*

» On sait qu'un condensateur intercalé dans un circuit parcouru par un courant alternatif amène une diminution apparente du coefficient de self-induction de ce circuit.

» D'une manière générale, si l'on désigne par Λ le coefficient de self-induction du circuit considéré; par Λ' son coefficient de self-induction apparent, après l'introduction du condensateur, par C la capacité de ce dernier et par α la fréquence des courants lancés dans le système, on a

$$\Lambda' = \Lambda - \frac{1}{4\pi^2\alpha^2 C}.$$

» Mais, s'il s'agit d'un condensateur ordinaire de capacité donnée, son prix de revient ne dépend que du voltage qu'il peut supporter et non de la fréquence des courants qui doivent le traverser.

» Le travail apparent T absorbé par un condensateur est égal au produit du voltage efficace H qu'il supporte, multiplié par l'intensité efficace A du courant qui le traverse.

» On a

$$A = 2\pi\alpha CH,$$

d'où

$$T = 2\pi\alpha CH.$$

» Le travail apparent que peut absorber un condensateur donné est proportionnel à la fréquence des courants qui le traversent. Donc, en nous servant de ces appareils, nous perdrons tout le bénéfice

résultant de la diminution du travail apparent nécessaire pour l'excitation de nos génératrices, obtenue en effectuant celle-ci avec les courants de basse fréquence qui traversent les circuits induits de ces machines.

» Il n'en est plus de même si l'on emploie des condensateurs dits électrolytiques. Nous pouvons considérer ces derniers comme des condensateurs ordinaires, d'énorme capacité, qui crèvent dès que le voltage efficace maintenu entre leurs bornes dépasse 1,4 volt, tout en étant susceptibles de se reconstituer spontanément.

» Or, si leur capacité est très grande, ou plutôt la quantité d'énergie qu'ils peuvent emmagasiner sous un volume et un poids donnés, leur résistance est très grande aussi, alors que celle des condensateurs ordinaires est négligeable.

» Si le travail apparent qu'ils peuvent consommer est proportionnel à la fréquence α des courants qui les traversent, le travail qu'ils consomment réellement, en vertu de l'effet Joule, est proportionnel au carré de l'intensité de ces courants et, par suite, au carré de la fréquence α , en supposant que l'on maintienne un même voltage efficace entre leurs bornes, quelle que soit la fréquence.

» Il en résulte que ces appareils ont un rendement d'autant meilleur qu'ils sont traversés par des courants de plus basse fréquence. Ils sont absolument défectueux lorsque l'on veut s'en servir, par exemple, pour diphaser des courants alternatifs simples de fréquence usuelle, mais conviennent très bien dans notre cas où nous avons affaire à des courants de fréquence environ quarante fois plus petite. Il suffit alors, pour bien les utiliser, de les faire traverser par des courants dont la densité ne dépasse pas celle des courants de charge des accumulateurs. Dans ces conditions, ils ne chauffent pas, malgré un service continu, et ont un bon rendement.

» Il est possible, d'ailleurs, de remplacer les condensateurs par des appareils électromécaniques remplissant le même rôle et qui auront l'avantage de ne pas demander plus d'entretien qu'une dynamo.

2° *Excitatrice spéciale pour machine d'induction.*

» Un moyen simple d'engendrer les forces électromotrices de basse fréquence qu'il faut développer entre les extrémités de nos

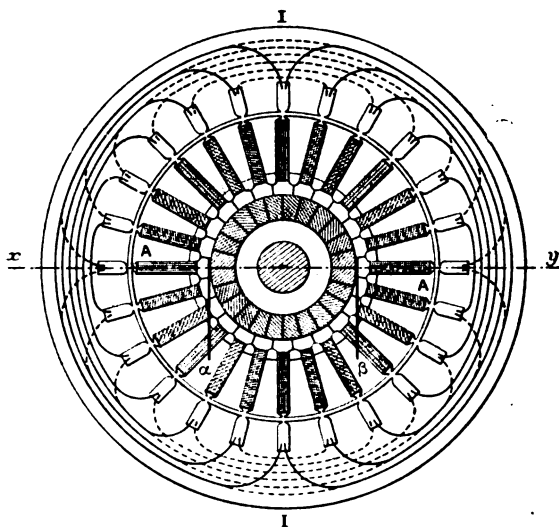
circuits induits nous a paru résider dans l'emploi de machines à courant continu ordinaires, munies de leurs collecteurs, dont on exciterait les inducteurs avec des courants alternatifs de fréquences et de phases convenables. En effet, la force électromotrice développée entre les balais d'une semblable machine serait, à chaque instant, proportionnelle à l'intensité du courant inducteur, et, par suite, aurait même fréquence et même phase.

» La vitesse de rotation de cette dynamo et l'intensité des flux qui peuvent y être développés étant indépendantes de cette fréquence, l'utilisation spécifique de cette machine sera aussi grande que si on lui demandait de fournir un courant continu. Ses dimensions seront donc très petites si on ne lui demande de fournir qu'un travail réel ou apparent très petit.

» Enfin, étant donnée la faible grandeur de la fréquence des courants qui devront traverser l'armature de cette machine, il n'y aura à redouter aucun trouble dans la commutation.

» Nous sommes ainsi conduits à adjoindre à notre génératrice deux petites dynamos identiques à courant continu. On fermera individuellement chacun des deux circuits induits sur les armatures de ces machines.

Fig. 30.



» Les courants qui traversent les deux circuits induits étant naturellement décalés de $\frac{1}{4}$ de période, chacun d'eux conviendra pour

exciter l'inducteur de la machine à courant continu dont l'armature sera traversée par l'autre courant.

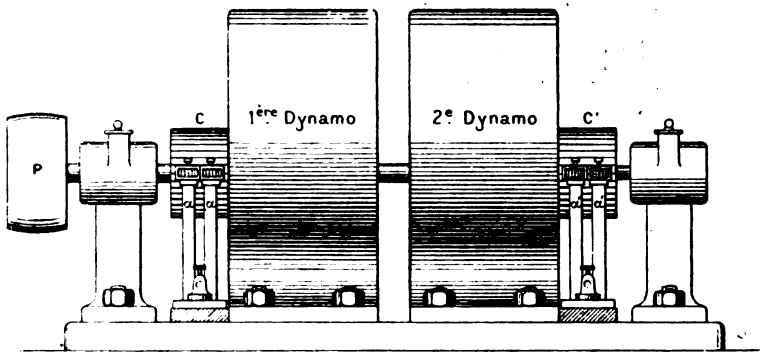
» Nous avons représenté sur la *fig. 30* une dynamo dont l'armature AA est constituée par un anneau Paccinotti muni de son collecteur $\alpha\alpha$ sur lequel s'appuient deux balais diamétralement opposés α , β . La ligne xy est un diamètre passant par les points de contact des balais.

» L'inducteur II est constitué par un deuxième anneau Paccinotti à denture interne, concentrique au premier. Il est muni de deux enroulements représentés schématiquement sur la *fig. 30*, le premier par des traits continus, le second par des traits interrompus.

» Un courant lancé dans le premier enroulement développera un flux dirigé suivant la ligne xy . Un courant lancé dans le second enroulement développera un flux dont la direction sera perpendiculaire à la ligne xy .

» L'excitatrice dont il conviendra de munir notre génératrice se composera de deux machines semblables que l'on pourra accoupler sur le même axe, comme il est représenté sur la *fig. 31* et qu'une poulie permettra de faire tourner simultanément.

Fig. 31.



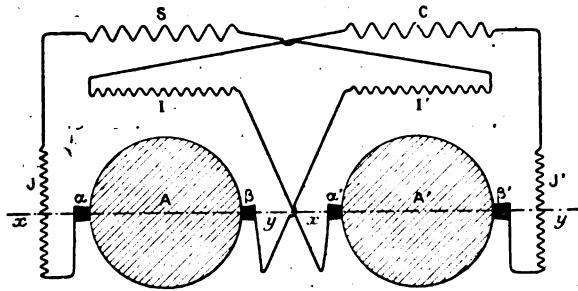
» Le schéma de la *fig. 32* représente les connexions qu'il conviendra d'établir entre les circuits induits de la génératrice et les divers circuits de l'excitatrice.

S et C représentent les deux circuits induits de la génératrice,
A et A' les deux armatures de l'excitatrice,
 $\alpha\beta$, $\alpha'\beta'$ leurs balais,

J et J' les circuits inducteurs des dynamos de l'excitatrice développant des flux dirigés suivant les lignes xy ,

I et I' les circuits inducteurs de ces dynamos développant des flux dirigés suivant des directions perpendiculaires aux lignes xy .

Fig. 32.



» Pour éviter le passage des courants de fréquence $(\alpha + n\omega)$ développés dans les circuits induits de la génératrice à travers l'excitatrice, on pourra superposer aux deux circuits induits de la génératrice, d'autres circuits induits fermés sur eux-mêmes et constitués, par exemple, par une cage d'écureuil. Dans ces conditions, le champ qui tournera par rapport à l'induit avec la vitesse $(\alpha + n\omega)$ ne pourra acquérir aucune valeur appréciable. Les forces électromotrices de même fréquence développées dans les circuits S et C seront donc très petites, et *a fortiori* les courants qu'elles feront passer dans l'excitatrice dont l'impédance sera grande pour la fréquence $(\alpha + n\omega)$.

» Désignons maintenant par

$$i_1 = a \sin 2\pi(\alpha - n\omega)t \quad \text{et} \quad i_2 = a \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t$$

les intensités des courants issus des circuits S et C qui traversent l'excitatrice.

» Le courant d'intensité i_1 , en traversant le circuit J, développera une force magnétisante égale et de signe contraire à celle qu'il développera en traversant l'armature A. Les choses se passeront donc comme si le coefficient de self-induction apparent de cette armature était nul.

» Mais le circuit I étant traversé par le courant d'intensité

$$i_2 = a \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t,$$

la force électromotrice produite par la rotation de l'armature A sera égale, en désignant par K un coefficient dépendant de sa vitesse, de ses dimensions et de la saturation de ses masses magnétiques, à $Ka \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t$. Nous pouvons disposer à notre volonté de la grandeur et du signe du coefficient K. Nous pourrions donc faire en sorte que cette force électromotrice soit en avance de $\frac{1}{4}$ de période sur l'intensité i_1 .

» Nous remarquerons que les circuits S et C, y compris leurs prolongements, ont un coefficient d'induction mutuelle nul. Chacun d'eux comprenant l'un des circuits I ou I' aura son coefficient de self-induction augmenté d'une quantité λ , ce qui réduira d'autant l'action de la dynamo dont il traversera l'armature. Il y aura donc lieu de ne donner qu'un petit nombre de spires à ces circuits et de renforcer les autres.

» Cela ne présentera aucun inconvénient pour la commutation, puisque la réaction d'induit de chaque armature sera directement détruite par l'action du circuit J ou J' qui l'accompagne. Quant à l'influence des variations de flux qui se produiront au travers des bobines mises en court circuit par les balais, elle sera très faible à cause de la faiblesse de la fréquence de ces variations. On la rendra complètement négligeable en donnant beaucoup de touches aux collecteurs et en reliant ces dernières aux sections de l'armature par des fils de connexion résistants.

» *Remarque.* — Nous venons de dire que, pour nous opposer à la production du flux parasite tournant avec la vitesse $\frac{1}{n}(\alpha - n\omega)$ par rapport aux circuits induits de la génératrice, nous disposerions un écran magnétique autour de ces circuits.

» Il faut prendre garde que, si cet écran était trop conducteur, il commencerait par démagnétiser les circuits fermés sur l'excitatrice. Il convient donc d'établir la théorie de ce phénomène.

» Pour fixer les idées et en même temps pour simplifier cette théorie, nous supposerons qu'au lieu de disposer une cage d'écureuil sur l'induit de la génératrice on lui donne deux circuits induits sinus et deux circuits induits cosinus. On y parviendra en faisant les enroulements voulus avec deux fils menés en parallèle. De cette

manière, les deux circuits sinus seront étroitement confondus, de même les circuits cosinus.

» Le premier circuit sinus ainsi que le premier circuit cosinus seront fermés sur eux-mêmes. Les seconds circuits sinus et cosinus le seront sur les circuits de l'excitatrice.

» Nous appellerons ρ_1 la résistance de chacun des circuits fermés sur eux-mêmes, ρ_2 celle des circuits fermés sur l'excitatrice, Λ le coefficient de self-induction de chacun des circuits fermés sur eux-mêmes et M leur coefficient d'induction mutuelle avec les circuits qui sont confondus avec eux. Nous aurons $M = \Lambda$.

» Enfin, nous désignerons par $\Lambda + \lambda$ le coefficient de self-induction de chacun des circuits fermés sur l'excitatrice.

» Considérons les deux circuits sinus et désignons par i l'intensité du courant dans le circuit fermé sur lui-même et par j l'intensité du courant dans l'autre circuit lorsque l'induction des circuits inducteurs développera dans chacun d'eux une force électromotrice h de fréquence β .

» Les choses se passeront comme si cette force électromotrice h faisait passer un courant d'intensité $(i + j)$ dans un circuit résultant ayant une résistance ρ' et un coefficient de self-induction Λ' .

» Si nous voulons nous servir des expressions trouvées précédemment pour les quantités P et Q , il nous faut pouvoir exprimer les nouvelles quantités ρ' et Λ' en fonction des quantités ρ , Λ , λ et β .

» Nous aurons à chaque instant

$$(1) \quad h = \rho'(i + j) + \Lambda' \frac{d}{dt}(i + j),$$

$$(2) \quad h = \rho_1 j + \Lambda \frac{d}{dt}(i + j),$$

$$(3) \quad h = \rho_2 j + \Lambda \frac{d}{dt}(i + j) + \lambda \frac{dj}{dt}.$$

Les deux dernières équations nous donnent

$$0 = \rho_2 j - \rho_1 i + \lambda \frac{dj}{dt},$$

d'où

$$i = \frac{\rho_2}{\rho_1} j + \frac{\lambda}{\rho_1} \frac{dj}{dt}.$$

En dérivant, il vient

$$\frac{di}{dt} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{dj}{dt} + \frac{\lambda}{\rho_1} \frac{d^2 j}{dt^2}.$$

Mais, comme nous n'avons à nous préoccuper que des phénomènes qui se passeront à l'état de régime, l'intensité j sera une fonction sinusoïdale du temps telle que

$$j = a \sin 2\pi\beta t.$$

On aura donc

$$\frac{d^2 j}{dt^2} = -4\pi^2\beta^2 j,$$

d'où

$$\frac{di}{dt} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{dj}{dt} - 4\pi^2\beta^2 \frac{\lambda}{\rho_1} j.$$

Remplaçons, dans les équations (1) et (2), les quantités i et $\frac{di}{dt}$ par leurs expressions en fonction des quantités j et $\frac{dj}{dt}$. Ces équations deviennent

$$(1)' \quad h = \left(\rho' \frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1} - 4\pi^2\beta^2 \frac{\lambda \Lambda'}{\rho_1} \right) j + \left(\frac{\rho'}{\rho_1} \lambda + \frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1} \Lambda' \right) \frac{dj}{dt},$$

$$(2)' \quad h = \left(\rho_2 - 4\pi^2\beta^2 \frac{\lambda \Lambda}{\rho_1} \right) j + \left(\lambda + \frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1} \Lambda \right) \frac{dj}{dt}.$$

Pour que ces deux équations soient toujours satisfaites simultanément, il faut que les coefficients des quantités j et $\frac{dj}{dt}$ soient égaux deux à deux, d'où

$$\rho' \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} - 4\pi^2\beta^2 \frac{\lambda \Lambda'}{\rho_1} = \rho_2 - 4\pi^2\beta^2 \frac{\lambda \Lambda}{\rho_1},$$

$$\frac{\rho'}{\rho_1} \lambda + \frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1} \Lambda' = \lambda + \frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1} \Lambda.$$

» On en tire

$$\rho' = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \left[\rho_2 + \frac{4\pi^2\beta^2\lambda^2\rho_1}{(\rho_1 + \rho_2)^2 + 4\pi^2\beta^2\lambda^2} \right],$$

$$\Lambda' = \Lambda + \frac{\rho_1^2\lambda}{(\rho_1 + \rho_2)^2 + 4\pi^2\beta^2\lambda^2}.$$

» Étant donné le mode de fonctionnement de notre excitatrice, on peut poser, en désignant par k une constante,

$$2\pi\beta\lambda = k,$$

d'où

$$\rho' = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \left[\rho_2 + \frac{k^2 \rho_1}{(\rho_1 + \rho_2)^2 + k^2} \right],$$

$$\Lambda' = \Lambda + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi\beta[(\rho_1 + \rho_2)^2 + k^2]},$$

» Supposons que la résistance ρ_2 soit nulle. Nous verrons plus loin comment cette condition peut être artificiellement remplie; il vient

$$\rho' = \frac{k^2 \rho_1}{\rho_1^2 + k^2}, \quad \Lambda' = \Lambda + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi\beta(\rho_1^2 + k^2)}.$$

» Nous allons chercher les expressions des quantités P et Q.

» Il suffit pour cela de remplacer, dans celles qui ont déjà été données, les quantités ρ et Λ par leurs expressions en fonction des quantités k , ρ et β , en observant qu'il convient de poser, suivant les cas, $\beta = \alpha - n\omega$ et $\beta = \alpha + n\omega$. Nous avons ainsi

$$P = R + \frac{4\pi^2 \alpha(\alpha - n\omega)}{2} \frac{k^2 \mu^2 (\rho_1^2 + k^2) \rho_1}{k^4 \rho_1^2 + 4\pi^2 (\alpha - n\omega)^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi(\alpha - n\omega)} \right]^2}$$

$$+ \frac{4\pi^2 \alpha(\alpha + n\omega)}{2} \frac{k^2 \mu^2 (\rho_1^2 + k^2) \rho_1}{k^4 \rho_1^2 + 4\pi^2 (\alpha + n\omega)^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi(\alpha + n\omega)} \right]^2}.$$

» On pourra toujours considérer la résistance ρ_1 comme négligeable devant le produit $2\pi(\alpha + n\omega)\Lambda$. D'autre part, les quantités α et $n\omega$ ne différeront jamais que très peu. On peut donc écrire, sans erreur sensible,

$$P = R + \frac{k^2}{\rho_1^2 + k^2} \frac{\mu^2}{\Lambda^2} \rho_1$$

$$+ \frac{4\pi^2 \alpha(\alpha - n\omega)}{2} \frac{k^2 \mu^2 (\rho_1^2 + k^2) \rho_1}{k^4 \rho_1^2 + 4\pi^2 (\alpha - n\omega)^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi(\alpha - n\omega)} \right]^2}.$$

» Nous aurons de même

$$Q = 2\pi\alpha \left\{ L - \frac{1}{2} \frac{4\pi^2 (\alpha - n\omega)^2 \mu^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k^2}{2\pi(\alpha - n\omega)} \right] (\rho_1^2 + k^2)}{k^4 \rho_1^2 + 4\pi^2 (\alpha - n\omega)^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi(\alpha - n\omega)} \right]^2} \right.$$

$$\left. - \frac{1}{2} \frac{4\pi^2 (\alpha + n\omega)^2 \mu^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k^2}{2\pi(\alpha + n\omega)} \right] (\rho_1^2 + k^2)}{k^4 \rho_1^2 + 4\pi^2 (\alpha + n\omega)^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi(\alpha + n\omega)} \right]^2} \right\}.$$

» Cette expression peut être simplifiée comme celle de la quantité P. Si l'on remarque de plus que, pour des courants de fréquence $(\alpha + n\omega)$, on aura très sensiblement $\Lambda' = \Lambda$, on voit que l'on peut écrire

$$Q = 2\pi\alpha \left\{ \left(L - \frac{\mu^2}{2\Lambda} \right) - \frac{1}{2} \frac{4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\mu^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi(\alpha - n\omega)} \right] (\rho_1^2 + k^2)}{k^2\rho_1^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2 \left[\Lambda(\rho_1^2 + k^2) + \frac{\rho_1^2 k}{2\pi(\alpha - n\omega)} \right]^2} \right\}$$

» La quantité P aura toujours une valeur négative dès que la vitesse ω aura pris une valeur très légèrement supérieure à $\frac{\alpha}{n}$.

» Quant à la quantité Q, elle est positive pour $\alpha = n\omega$. Ensuite elle changera de signe en s'annulant lorsque la fréquence $(\alpha - n\omega)$ aura pris une valeur β_1 , demeurera négative jusqu'à ce que la fréquence $(\alpha - n\omega)$ soit devenue égale à β_2 et redeviendra ensuite positive.

» Les quantités β_1 et β_2 sont les racines de l'équation

$$x^2 \cdot 2(\rho_1^2 + k^2)^2 \times \Lambda(\Lambda L - \mu^2) + x(\rho_1^2 + k^2)\rho_1^2 k(4\Lambda L - 3\mu^2) + 2 \left(L - \frac{\mu^2}{2\Lambda} \right) k^2 \rho_1^2 (k^2 + \rho_1^2) = 0.$$

» La condition de réalité de ses racines est la suivante

$$\frac{\rho_1^2}{\rho_1^2 + k^2} \geq 8 \frac{(\Lambda L - \mu^2)(2\Lambda L - \mu^2)}{(4\Lambda L - 3\mu^2)^2}.$$

» Pour que l'on puisse trouver une valeur convenable pour la quantité k , il faut que le second membre soit plus petit que 1, d'où

$$(4\Lambda L - 3\mu^2)^2 - 8(\Lambda L - \mu^2)(2\Lambda L - \mu^2) > 0.$$

» Or le premier membre de cette inégalité se réduit à μ^4 . On pourra donc toujours donner une valeur à la quantité k telle que, pour les fréquences comprises entre deux valeurs β_1 et β_2 , la quantité Q soit négative.

» On a d'ailleurs

$$2\pi\beta = \frac{\rho_1 k}{\rho_1^2 + k^2} - \frac{\rho_1(4\Lambda L - 3\mu^2) \pm \sqrt{\rho_1^2 \mu^4 - 8k^2(\Lambda L - \mu^2)(2\Lambda L - \mu^2)}}{4\Lambda(\Lambda L - \mu^2)},$$

d'où

$$2\pi\beta_1 + 2\pi\beta_2 = -\frac{\rho_1^2 k}{\rho_1^2 + k^2} \frac{4\Lambda L - 3\mu^2}{2\Lambda(\Lambda L - \mu^2)},$$

$$4\pi^2\beta_1\beta_2 = 2\frac{\rho_1^2 k^2}{\rho_1^2 + k^2} \frac{2\Lambda L - \mu^2}{\Lambda^2(\Lambda L - \mu^2)}.$$

» Une machine étant donnée, sauf la section du fil des enroulements fermés sur eux-mêmes, et, par suite, les coefficients d'induction Λ , L et μ étant connus, on peut se donner aussi les fréquences β_1 et β_2 , et chercher quelles valeurs il convient d'attribuer à la résistance ρ et à la quantité k .

» On voit immédiatement que l'on a

$$k = -\frac{2\pi}{4} \frac{\beta_1\beta_2}{\beta_1 + \beta_2} \frac{\Lambda(4\Lambda L - 3\mu^2)}{2\Lambda L - \mu^2},$$

$$\rho_1^2 = -\frac{2\pi(\beta_1 + \beta_2)k}{2\pi(\beta_1 + \beta_2) + k \frac{4\Lambda L - 3\mu^2}{2\Lambda(\Lambda L - \mu^2)}}.$$

» Les fréquences β_1, β_2 étant essentiellement négatives puisque, par hypothèse, la machine fonctionne comme génératrice et que l'on a toujours $n\omega > \alpha$, on pourra toujours trouver des valeurs réalisables pour k et ρ , si l'on a

$$2\pi(\beta_1 + \beta_2) + k \frac{4\Lambda L - 3\mu^2}{2\Lambda(\Lambda L - \mu^2)} < 0.$$

» Il est facile de voir que cette condition est naturellement remplie. En effet, nous avons

$$2\pi(\beta_1 + \beta_2) + k \frac{4\Lambda L - 3\mu^2}{2\Lambda(\Lambda L - \mu^2)}$$

$$= 2\pi(\beta_1 + \beta_2) - \frac{2\pi}{4} \frac{\beta_1\beta_2}{\beta_1 + \beta_2} \frac{(4\Lambda L - 3\mu^2)^2}{2(\Lambda L - \mu^2)(2\Lambda L - \mu^2)}$$

$$= \frac{2\pi}{(\beta_1 + \beta_2)} \left[(\beta_1 + \beta_2)^2 - \beta_1\beta_2 \frac{(4\Lambda L - 3\mu^2)^2}{8(\Lambda L - \mu^2)(2\Lambda L - \mu^2)} \right].$$

» Comme l'on a $(\beta_1 + \beta_2) < 0$, il faut avoir

$$(\beta_1 + \beta_2)^2 > \beta_1\beta_2 \frac{(4\Lambda L - 3\mu^2)^2}{8(\Lambda L - \mu^2)(2\Lambda L - \mu^2)}.$$

» Or on a toujours

$$(\beta_1 + \beta_2)^2 > 4\beta_1\beta_2.$$

» suffit donc que l'on ait

$$\frac{(4\Lambda L - 3\mu^2)^2}{8(\Lambda L - \mu^2)(2\Lambda L - \mu^2)}.$$

Cette inégalité peut s'écrire

$$24(AL - \mu^2)^2 + 24(AL - \mu^2)AL - \mu^4 > 0.$$

» On appelle *coefficient de fuite* d'une machine asynchrone la quantité

$$f = 1 - \frac{\mu^2}{AL}$$

» L'inégalité précédente peut s'écrire

$$23f^2 + 26f - 1 > 0.$$

» Pour qu'elle pût être négative, il faudrait avoir $f < 0,037$, condition impossible à réaliser pratiquement, quand bien même on s'y efforcerait.

» Il résulte de ce qui précède que :

» 1° Si la machine est déjà construite, on peut toujours faire une excitatrice qui lui permette de fournir des courants déwattés au réseau sur lequel elle sera branchée lorsque la fréquence de glissement variera entre certaines limites β_1 et β_2 .

» 2° On peut se donner *a priori* les fréquences β_1 et β_2 et déterminer, en conséquence, la section du fil des enroulements fermés sur eux-mêmes et la puissance de l'excitatrice.

» Nous avons supposé, il est vrai, que la résistance des circuits induits fermés sur l'excitatrice était nulle par rapport à celle des circuits fermés sur eux-mêmes. Cette condition n'est pas nécessaire, mais il faut que la résistance ρ_2 soit toujours petite par rapport à la résistance ρ_1 . Si elles étaient égales, par exemple, on trouverait que l'équation du second degré qui donne les valeurs des fréquences β_1 et β_2 a ses racines imaginaires. Cela tient à l'action démagnétisante exercée par les circuits fermés sur eux-mêmes. Il sera facile, d'ailleurs, de remplir la condition $\rho_2 = 0$, en modifiant, comme il va être dit, l'excitatrice qui a été décrite.

» Nous disposerons sur ses inducteurs deux circuits, l'un de N spires, l'autre de N' spires développant des flux, suivant une direction perpendiculaire à la ligne de contact des balais. Les circuits de N spires serviront toujours à faire passer les courants qui seront en quadrature de phase avec ceux qui traverseront l'armature. Les autres seront montés en série avec elle.

» De cette manière :

» 1° L'armature parcourue par un courant d'intensité

$$i_1 = a \sin 2\pi(\alpha - n\omega)t$$

sera soumise à l'action d'un inducteur ayant N spires parcourues par un courant d'intensité

$$-i_2 = -a \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t$$

et N' spires parcourues par un courant d'intensité

$$i_1 = a \sin 2\pi(\alpha - n\omega)t.$$

» 2° L'armature parcourue par un courant d'intensité

$$i_2 = a \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t$$

sera soumise à l'action d'un inducteur ayant N spires parcourues par un courant d'intensité

$$i_1 = a \sin 2\pi(\alpha - n\omega)t$$

et N' spires parcourues par un courant d'intensité

$$i_2 = a \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t.$$

» En pratique, les deux circuits de N spires seront parcourus par des courants d'intensités

$$i_2 = a \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t \quad \text{et} \quad i_1 = a \sin 2\pi(\alpha - n\omega)t,$$

mais leurs enroulements seront faits en sens inverses l'un de l'autre. Le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits sinus et cosinus sera toujours nul et rien ne sera changé à ce qui a été dit précédemment.

» Mais la présence des deux circuits de N' spires nous permettra de développer dans les deux armatures de l'excitatrice des forces électromotrices de mêmes phases que les intensités des courants qui les traverseront. Il nous sera facile de faire en sorte que ces forces électromotrices rendent artificiellement nulle la résistance des circuits sinus et cosinus. Il ne faudrait pas, toutefois, la rendre négative, car l'excitatrice s'amorcerait d'elle-même et transformerait la génératrice asynchrone en alternateur ordinaire.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Maurice Leblanc.

La séance est levée à 10^h 5^m soir.



TRAMWAYS A TRACTION MIXTE DE PARIS A AUBERVILLIERS ET PANTIN (1).

M. DE MARCHÉNA. — « Cette installation constitue la première application en France du système de traction mixte par accumulateurs et fil aérien, système dont il a été souvent question et que beaucoup de personnes considèrent comme devant fournir la solution la plus élégante pour les lignes de pénétration dans Paris. »

» A ce point de vue général, ces lignes constituent déjà une expérience intéressante; mais elles présentent, en outre, diverses originalités particulières qui les distinguent de nos autres installations de traction électrique et qui méritent d'être signalées.

» Enfin, les résultats qu'elles ont donnés au point de vue de l'augmentation du trafic et des recettes sont également tout à fait caractéristiques et sont venus confirmer une fois de plus les avantages que procure toujours dans cet ordre d'idées l'emploi de la traction mécanique pour les transports urbains.

» *Description des lignes.* — Les lignes ayant fait l'objet de cette transformation constituent un réseau figuré sur la *fig. 1*. Elles comprennent essentiellement :

» 1^o Ligne Pantin-Aubervilliers : •

Longueur totale.....	6 ^{km} ,750	{	^{km} 4,670 intra-muros
			2,080 extra-muros

» 2^o Ligne Paris-Pantin :

Longueur totale.....	6 ^{km} ,200	{	4,520 intra-muros
			1,680 extra-muros

• Parcours commun intra-muros... 2,410

» 3^o Lignes secondaires extra-muros :

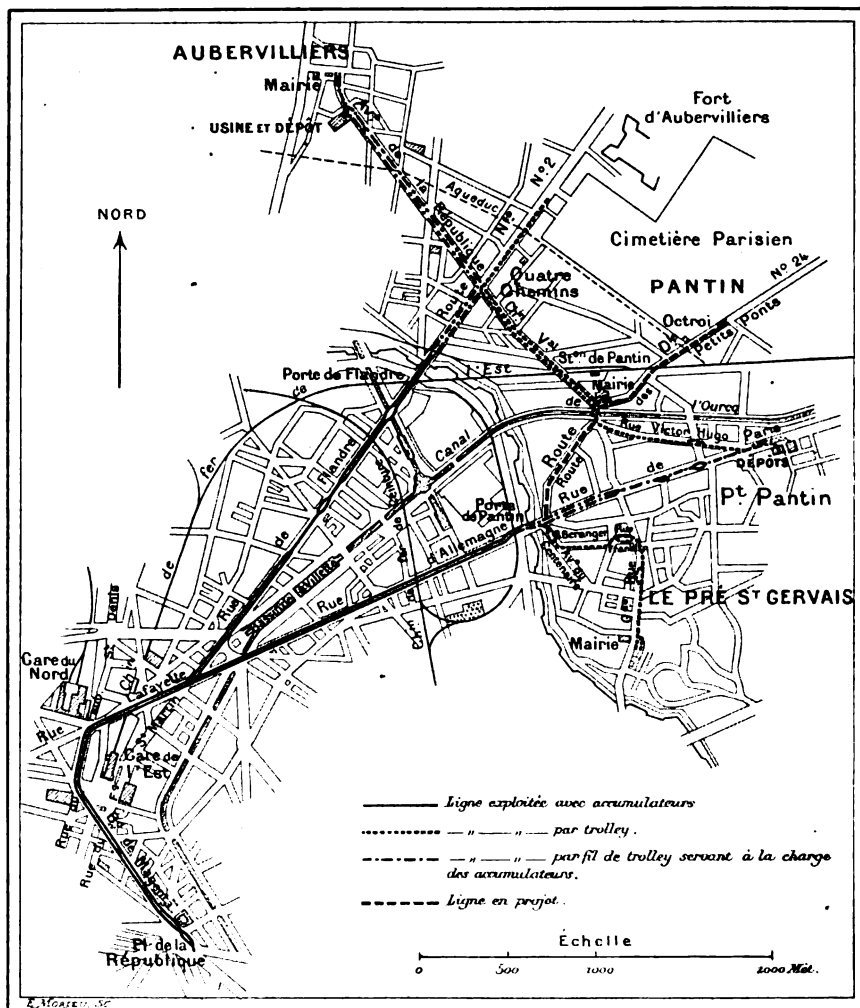
Aubervilliers-Pantin par les Quatre-Chemins..	^{km} 3,410
Quatre Chemins-Cimetière Pantin.....	0,720
Prés Saint-Gervais.....	1,390

» La traction mixte a été appliquée seulement sur les lignes principales de Paris à Pantin et à Aubervilliers.

(1) Communication présentée en séance mensuelle du 9 novembre 1898.

» Les rampes atteignent, dans cette partie, jusqu'à 33^{mm}. par mètre, avec cette circonstance aggravante qu'elles doivent être gravies au retour, c'est-à-dire quand les batteries ont subi déjà une forte décharge.

Fig. 1.



» Il y a lieu de remarquer, d'ailleurs, que la même circonstance s'offrira pour la plupart des lignes de pénétration dans Paris.

» Le profil des deux lignes est indiqué par les fig. 2 et 3.

» *Choix du système.* — Au début on avait projeté de rendre entièrement indépendants les deux systèmes de traction.

» Les batteries d'accumulateurs portées par les voitures ne de-

Fig. 2.

[illegible]

3.

Place de la République	37.28	2.41	2.62	176	2.41	313.80	207.2	19.60	0.032	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Rue du Mûle
Rue Magnan	36.19	2.41	2.62	176	2.41	313.80	207.2	19.60	0.032	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Rue du Mûle
Rue de Lancry	34.28	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Rue de Lancry
Rue des Haras	34.38	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Rue des Haras
Faubourg St-Martin	37.78	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Faubourg St-Martin
Faubourg St-Denis	41.37	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Faubourg St-Denis
Rue Lafayette	33.10	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Rue Lafayette
Faubourg St-Martin	39.49	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Faubourg St-Martin
Bd de la Trinité (Rotonde de Flandre)	52.61	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Bd de la Trinité (Rotonde de Flandre)
Rue de Truine	50.24	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Rue de Truine
Quai de fer de Venture	46.32	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Quai de fer de Venture
Pont du Canal	43.98	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Pont du Canal
Porte de Flandre	46.30	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Porte de Flandre
Quatre Chemins	44.09	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Quatre Chemins
Rue du Mûle	40.08	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Rue du Mûle
Suberoliers	38.79	5.03	679	0.0072	92.0	1233.8	1341	19.60	0.028	1390.6	683.70	2273.3	2633.8	300	302.8	116.8.5	1332.8	1356.8	50.24	46.32	46.96	43.98	41.80	37.40	36.30	38.79	38.79	6803	6556.15	6303.15	6063.15	240	233	216.65	38.79	Suberoliers

vaient être mises en service que pour la décharge dans Paris. Après complet épuisement, les voitures devaient être ramenées au dépôt où devait être effectué le remplacement des batteries déchargées par des batteries complètement rechargées. Cette opération de recharge devait donc se faire à poste fixe et à l'intérieur même du dépôt, par des procédés analogues à ceux employés pour les lignes de Madeleine et Opéra-Saint-Denis et qui sont connus de vous tous.

» Il est superflu de s'appesantir beaucoup sur tous les inconvénients que ce système devait entraîner; en effet, l'usine génératrice et les dépôts devant être installés dans les terrains appartenant déjà à la Compagnie des Tramways et situés à proximité du terminus d'Aubervilliers, il en résultait la nécessité, pour les voitures de la ligne Paris-Pantin, d'effectuer un parcours haut le pied considérable après chaque décharge de batterie pour rentrer au dépôt et revenir ensuite à son terminus.

» Sans parler des inconvénients qu'il y aurait eu à faire circuler, à de fréquents intervalles, sur la ligne Pantin-Aubervilliers, des voitures sur lesquelles les voyageurs n'auraient pas été admis, ces parcours kilométriques inutiles auraient sensiblement augmenté les dépenses d'exploitation; ils auraient en outre nécessité, pour la ligne de Pantin, la mise en service d'un nombre de voitures sensiblement supérieur à ce qui aurait été suffisant sans cette obligation spéciale.

» Ces mêmes inconvénients se présentaient, avec moins de force, il est vrai, pour la ligne d'Aubervilliers; ils étaient, d'autre part, aggravés par le fait que, cette ligne étant à simple voie entre l'usine et le terminus, ces allées et venues de voitures venant changer de batteries auraient sensiblement gêné l'exploitation de ce tronçon.

» D'autre part, l'emplacement dont on disposait au dépôt d'Aubervilliers, pour installer l'usine et les remises, était déjà fort resserré et il aurait été très difficile d'y ajouter encore les installations nécessaires pour le rechargement et le remplacement des batteries.

» Enfin, le nombre de batteries nécessaires pour assurer le service était énorme et dépassait le double du nombre de voitures en circulation.

» Ces différentes objections et les avantages que pouvait procu-

rer, d'autre part, la charge des batteries à l'usine ont été mûrement pesés, et c'est après un examen minutieux qu'il fut décidé de renoncer à ce système et de recourir de préférence à la charge en cours de route.

» Les calculs qui avaient été faits démontraient que sur les deux lignes le parcours en trolley et le stationnement normal aux terminus étaient suffisants pour permettre d'assurer dans de bonnes conditions la recharge des batteries.

» La Compagnie du Travail électrique des Métaux, avec laquelle la Compagnie française Thomson-Houston avait déjà traité pour la fourniture et l'entretien des batteries d'accumulateurs, entra dans le nouvel ordre d'idées avec beaucoup d'empressement et, à la suite d'essais qui furent faits à Rouen, en accepta la responsabilité pour ce qui la concernait.

» *Description des batteries.* — La composition prévue pour les batteries fut nécessairement modifiée.

» Le nombre d'éléments fut porté à 224 par batterie, ce chiffre paraissant le mieux correspondre avec la tension moyenne admise sur la ligne de trolley.

» Les batteries sont contenues dans une caisse spéciale logée sous la caisse de la voiture, de manière à faciliter les différentes manutentions nécessitées par le service d'entretien et à éviter toute production d'émanations acides durant la charge aux voyageurs occupant l'intérieur.

» La caisse servant à loger cette batterie mesure :

Longueur.....	^m 1,725
Largeur.....	2,080
Hauteur.....	0,605

224 éléments divisés en 8 groupes de 28 éléments chacun. Chaque élément comprend :

3 plaques positives.....	^{kg} 5,0
4 plaques négatives.....	4,0
Acide (25° B.).....	2,5
Connexions et bac.....	1,5
Total.....	13,0

Poids des 224 éléments = 224×13	2912 ^{kg}
Poids des 8 petites caisses à 50 ^{kg}	400
Poids de la grande caisse à 500 ^{kg}	500
Poids total de la batterie en ordre de service.....	3812

» Tous les éléments sont reliés en série d'une manière permanente; toutes les connexions sont soudées, ce qui a été reconnu indispensable.

» Les plaques positives sont du type à augets avec oxydes rapportés.

» Les plaques négatives sont obtenues par réduction du chlorure de plomb.

» *Matériel roulant.* — Les grandes dimensions de cette batterie ont entraîné des difficultés spéciales pour la constitution du matériel roulant. Ces difficultés ont été tournées d'une manière très originale par l'emploi de trucks à bogies spéciaux dits à *traction maximum*.

» Ces trucks ont permis de donner à la voiture un empattement considérable tout en lui laissant la plus remarquable facilité pour le passage en courbes.

» La caisse d'accumulateurs a pu être logée au milieu entre les deux bogies, ce qui assure à la voiture une stabilité parfaite, même quand tous les voyageurs se trouvent sur l'impériale. Les bogies en question ont leur articulation excentrée de telle façon que les plus grandes roues, qui sont les roues motrices, portent environ 75 pour 100 du poids total, c'est-à-dire que la plus grande partie du poids est utilisée pour l'adhérence.

» Cette adhérence reste suffisante pour permettre la remorque sur les plus fortes rampes du réseau.

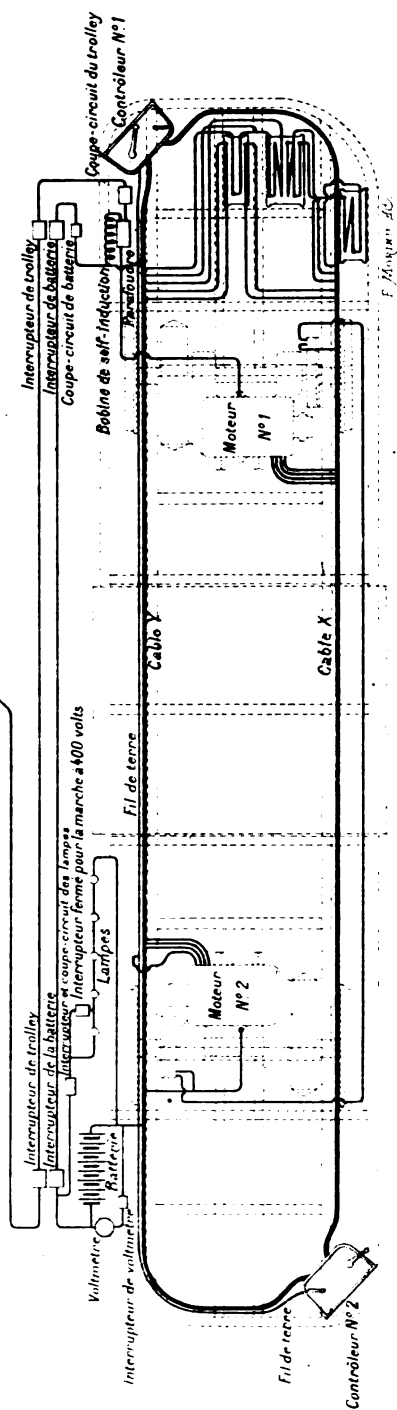
» Ce type de truck (*fig. 4*), qui était employé pour la première fois en France, a donné parfaite satisfaction et depuis il a été l'objet de fréquentes imitations, notamment pour les voitures Gennevilliers, pour les voitures du Havre-Montivilliers, etc.

» *Caisse.* — La caisse est du type à impériale couverte.

» Elle est complètement symétrique afin d'éviter le retournement très difficile aux terminus de la place de la République et surtout d'Aubervilliers.

Fig. 4.

Trolley



» Elle est donc munie de plates-formes et d'escaliers de commande avec l'impériale à l'avant et à l'arrière.

» Pour satisfaire aux règlements de police interdisant dans Paris l'accès de la plate-forme d'avant aux voyageurs, un système de fermeture spéciale empêche la communication du public avec le conducteur-électricien pendant la marche, tout en permettant au receveur, en cas d'indisposition dudit conducteur, de le remplacer dans l'arrêt de la voiture et sa conduite au terminus dans les conditions prescrites par l'ordonnance de police réglant la matière.

» Ces voitures à impériale devant assurer le service par trolley seul sur la ligne transversale, par trolley et accumulateurs sur les lignes de pénétration, sont pourvues d'un équipement spécial, permettant d'envoyer aux contrôleurs série-parallèle type B.A. de la Compagnie Thomson-Houston, soit le courant de la ligne de trolley, soit le courant de la batterie d'accumulateurs, ou enfin d'envoyer simultanément le courant de la ligne de trolley aux contrôleurs et aux moteurs, en même temps qu'à la batterie pour effectuer la charge de cette batterie.

» Une double série d'interrupteurs à l'avant et à l'arrière de la voiture permettent d'assurer cette combinaison, que d'après le règlement de police, le receveur doit pouvoir également effectuer de la plate-forme d'arrière.

» Le parcours de ces voitures à l'intérieur de Paris, sous les ponts très surbaissés du Chemin de fer de Ceinture, ont nécessité une modification complète de la perchè de trolley, qui peut être abaissée complètement sur le toit de la voiture et logée dans une rainure pratiquée à cet effet, pendant le parcours intra-muros; les ressorts sont, par une disposition nouvelle, renfermés dans une enveloppe cylindrique verticale dans l'axe de l'impériale.

» L'ensemble de la voiture à vide, sans accumulateurs, pèse 10 tonnes environ; en y ajoutant le poids de 56 voyageurs et de 2 employés, on arrive fréquemment à 14 tonnes, auxquelles, dans le parcours dans Paris, il faut ajouter le poids de la batterie et de la caisse, soit 3^t, 8, ce qui donne un total de 17 à 18 tonnes.

» L'équipement électrique comporte, comme nous l'avons dit, deux contrôleurs B.A. du type connu de la Compagnie Thomson-Houston, et deux moteurs GE-800 construits aux établissements

Postel-Vinay, chacun d'une puissance de 25 chevaux sur l'arbre; les essieux moteurs sont munis du frein électromagnétique, propriété de la Compagnie Thomson-Houston; les plates-formes d'avant et d'arrière sont également munies de puissants freins à sabots mus par vis ainsi que de sablières permettant d'envoyer du sable à l'avant et à l'arrière des roues, par une manœuvre qui peut être faite normalement par le conducteur électricien et, en cas d'insuffisance, par le receveur à l'arrière.

» Nous ne croyons pas inutile d'appeler l'attention du lecteur sur l'intérêt que présentent ces dispositifs qui ont pour but d'assurer toute sécurité dans l'emploi de voitures automobiles de cette importance; nous signalerons en particulier les résultats précieux qu'a donnés aux essais officiels l'emploi du frein électromagnétique, puisqu'à diverses reprises la voiture, équipée de sa batterie d'accumulateurs et munie d'une surcharge de 400^{kg} de sacs de sable, a pu être arrêtée sur une pente de 24^m, à une allure dépassant 20^{km} à l'heure, en moins de 14^m, sans le secours des sablières.

» La voiture comporte :

4 places de plate-forme,	} 1 ^{re} classe.
24 places d'intérieur,	
28 places d'impériale.	

» Elle est éclairée par 10 lampes de 16 bougies et munie d'un fanal électrique à l'avant de la voiture, disposé de façon à remplacer, lorsqu'il est allumé, la lampe installée sur la plate-forme d'avant dans le sens de la marche, ce qui facilite beaucoup au conducteur électricien la surveillance de ce qui se passe sur la voie.

» La voie installée par les soins de la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine est établie en rails à ornière, du type bien connu Broca de 44^{kg} à l'intérieur de Paris et dans les parties du réseau extra-muros où la voie est dans l'axe de la chaussée.

» La ligne d'Aubervilliers à Pantin sur l'avenue de la République, et le tronçon Quatre-Chemins-Porte de Flandre, sur la route nationale n° 2, sont construits sur accotement en voie Vignole; la ligne de trolley est établie sur poteaux- consoles, dans l'alignement des arbres en bordure de ces routes; elle présente l'aspect le plus satisfaisant et passe presque inaperçue.

» L'usine et le dépôt sont installés sur les terrains de la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine, à l'emplacement de son ancien dépôt d'Aubervilliers, 30, avenue de la République.

» L'usine comporte tout d'abord une salle de chauffe où sont installées trois chaudières multitubulaires du système Roser, de 193^{m²} de surface de chauffe, permettant de vaporiser chacune, en régime normal, 2200^{kg} d'eau par heure, et timbrées à 10^{kg}; l'emplacement est réservé pour un quatrième générateur.

» L'alimentation est assurée par une pompe Hermann Glaenzer, type Compound, capable de débiter 7000^{lit} à l'heure, ainsi que par les pompes de circulation établies sur les machines à vapeur; le service du charbon se fait par trémies débouchant au-dessus de wagonnets qui sont amenés vis-à-vis des foyers des chaudières, sur une voie Decauville encastrée dans le sol de la salle de chauffe, après avoir été pesés sur une bascule enregistrant les quantités de charbon consommées; la disposition adoptée permet de réduire au minimum la main-d'œuvre due à la manutention du charbon, qui descend dans les wagonnets par l'effet de la pesanteur, grâce à l'installation des chaudières en contrebas du niveau du sol de la cour et de la salle des machines.

» Celle-ci est disposée parallèlement à la salle des chaudières, à laquelle elle est reliée par une tuyauterie complètement visible et pouvant être, à chaque instant, surveillée par le chef mécanicien : elle comporte trois machines à vapeur horizontales, monocylindriques, Corliss, à condensation, type Lecouteux et Garnier, de 250 chevaux chacune, tournant à 75 tours.

» Chaque machine commande, par une poulie-volant du poids de 10 tonnes, une dynamo compoundée système Thomson-Houston à 6 pôles, de 150 kilowatts, à 400 tours, construite dans les ateliers de la Société Postel-Vinay.

» Ce type, spécialement créé pour l'installation d'Aubervilliers, permet de débiter un courant de 300 ampères en marche normale sous 550 volts, et peut fournir 375 ampères sans que le fonctionnement cesse d'être bon et sans étincelles au collecteur; en raison de la nécessité d'assurer la charge complète des batteries d'accumulateurs, l'excitation en dérivation de ces machines permet de les

faire fonctionner également comme dynamos shunt, tout en obtenant une différence de potentiel aux bornes pouvant atteindre 575 à 600 volts.

» Le tableau de distribution est disposé de façon que chaque machine puisse être groupée à volonté sur deux circuits de tension différente, l'un de 530 à 550 volts, l'autre de 575 à 600 volts; sur ces deux circuits principaux du tableau peuvent être branchés à volonté l'un quelconque des quatre circuits de distribution ou d'alimentation nécessités par le service du système mixte.

» Chacun de ces quatre circuits est muni des disjoncteurs automatiques habituels du type de la Compagnie Thomson-Houston et de compteurs système Thomson; l'un d'eux communique directement avec la ligne aérienne à la sortie du dépôt et est monté normalement sur le circuit de 500 volts de l'usine; le second, destiné à alimenter le réseau à l'extrémité de la ligne de Pantin, doit au contraire avoir, aux bornes de départ, une tension suffisamment élevée pour compenser la perte de charge du feeder spécial qui part du tableau pour aboutir à l'extrémité de la ligne de la rue de Paris à Pantin, feeder souterrain de 300^{mm} de section, et pour y maintenir la tension moyenne de 530 à 550 volts nécessaire à la recharge, en cours de route, des batteries des voitures en service sur la ligne de pénétration Pantin-Place de la République.

» Le troisième circuit de distribution dessert les circuits aériens du dépôt sur lesquels s'effectue, en fin de service, la charge complémentaire à donner aux batteries pendant la nuit : pendant le jour en effet et dans la période de charge en cours de route, on restitue aux batteries la quantité d'ampères-heures correspondant à la dépense effectuée dans le parcours intra-muros; la charge complémentaire donnée pendant la nuit correspond à la quantité d'énergie nécessitée par la perte de rendement de ces batteries de la charge à la décharge.

» Ce circuit est branché sur la barre du tableau de l'usine au potentiel convenable, suivant l'état de charge des batteries composées chacune de 224 éléments, d'une capacité de 45 à 48 ampères-heures. Cette capacité disponible, avec une tension minima de 400 volts en fin de décharge, permet d'assurer deux parcours intra-muros, dans le cas où la recharge n'aurait pu être effectuée après un premier tour.

» Le quatrième circuit est spécialement réservé à l'atelier et à la salle de manutention et d'entretien des accumulateurs.

» L'ensemble de l'usine du dépôt se trouve également pourvu d'un réseau complet de distribution pour l'éclairage qui est assuré par deux séries de lampes à arc de longue durée, en vase clos, du type de la Compagnie Thomson-Houston, montées par six en tension, et par des lampes à incandescence de 16 bougies, également montées en tension sur le réseau général.

» Le dépôt proprement dit comporte trois travées : la première formant un vaste hall de 82^m de long sur 16^m de large, avec une hauteur sous ferme de 7^m, comprend cinq voies de manœuvre et de garage pour le remisage et la visite des voitures automobiles avec fosses de visite.

» Le développement des voies y est de 520^m, et la disposition des aiguillages d'entrée et des bretelles de communication permet d'assurer la manœuvre des voitures et leur visite immédiate, quel que soit leur ordre de présentation à l'entrée du dépôt.

» La voie de gauche, contiguë à la salle des machines, est tenue constamment libre et est réservée à l'arrivée des voitures dont les batteries doivent être changées ou visitées; à cet effet, à son extrémité, dans le fond du dépôt, cette voie de service passe sur un élévateur hydraulique permettant de soulever légèrement la caisse d'accumulateurs, de la dégager ainsi de ses supports sous la voiture et, par un second mouvement de translation, de l'amener dans la partie de la seconde travée réservée au service des accumulateurs, où elle est prise par un treuil installé sur un pont-roulant de 6 tonnes qui dessert l'atelier d'entretien des accumulateurs.

» Une batterie de réserve peut être montée de suite sur le chariot de l'élévateur et, par une manœuvre inverse, être accrochée à la voiture qui repart aussitôt.

» L'ensemble de cette manœuvre peut être effectué en trois ou quatre minutes : l'appareil que nous venons de décrire ainsi sommairement présente une supériorité incontestée sur les appareils de manutention d'accumulateurs usités dans la plupart des installations de traction par accumulateurs, et permet d'effectuer, avec la plus grande précision, la manœuvre d'engins lourds et encombrants; cet appareil, étudié par les Ingénieurs de la Compagnie Thomson-

Houston, a été construit et monté par les soins de la maison Edoux.

» La salle d'entretien des accumulateurs comporte également l'installation de plates-formes de charge et de formation pour les plaques destinées à remplacer les plaques usagées, ainsi qu'un tableau de contrôle de ces diverses opérations : la Société pour le Travail électrique des Métaux, fournisseur des batteries et chargée d'assurer leur service d'entretien, y a également installé une étuve de séchage pour les plaques du type dit *à auget*, après leur réempâtage de matière active.

» Cette seconde travée comporte en outre cinq files de voies parallèles à celles du grand hall, destinées à remiser les voitures de remorque et desservies par un chariot transbordeur circulant normalement aux voies dans la cour séparant l'usine de cette partie du dépôt.

» Enfin, une troisième travée parallèle aux deux premières est réservée à l'atelier de réparation des voitures et équipements électriques.

» Cet atelier, muni de tout l'outillage que comporte une telle installation, est actionné par un moteur électrique, alimenté par le courant à 500 volts de l'usine.

» Le service d'eau est également assuré par la commande, au moyen d'un moteur électrique, d'une pompe centrifuge Dumont, donnant un débit à l'heure de 120^{mc} fournis par un puits foré de 60^m de profondeur; cette eau sert principalement pour le service de la condensation des machines à vapeur et pour celui du nettoyage des caisses de voitures.

» L'ensemble de l'installation de l'usine et du dépôt est complété par un bâtiment destiné aux bureaux des divers services d'exploitation et de traction du réseau.

» *Résultats généraux.* — Les différentes lignes constituant le réseau transformé n'ont été mises en service que depuis peu de mois; leur exploitation n'en a pas moins donné des résultats intéressants à différents points de vue.

» Tout d'abord il convient de signaler la très importante augmentation qui s'est produite dans les recettes dès l'inauguration du nouveau service.

» Il est bon de remarquer que les résultats les meilleurs de beau-

coup sous ce rapport ont été obtenus sur les lignes principales pénétrant dans Paris, lignes qui possèdent toutes deux un développement assez considérable; le rendement pécuniaire des petites lignes secondaires, et notamment de la transversale de Pantin-Aubervilliers, qui traverse cependant des agglomérations assez denses, a été beaucoup plus modeste, comme on pouvait s'y attendre. L'ensemble, toutefois, a été des plus satisfaisants et de nature à satisfaire les prévisions les plus optimistes.

» Au point de vue purement technique, quelques constatations intéressantes ont pu être faites concernant les dépenses d'énergie des voitures faisant le service principal comparées à celles de voitures automotrices d'autres réseaux munis d'équipements électriques similaires.

» Cette courte période d'exploitation a pu mettre aussi en lumière les avantages et les inconvénients du système mixte avec charge en cours de route et de l'emploi en général des accumulateurs pour la traction.

» Avant la mise en service, différents essais préliminaires ont été faits en vue de déterminer la consommation des moteurs dans des conditions voisines de celles du service normal.

» Les résultats obtenus ont naturellement varié avec les conditions atmosphériques, l'état des voies, le poids de la voiture, l'habileté du conducteur et sa connaissance du profil.

» Ils ont permis cependant de constater que la consommation était loin d'augmenter proportionnellement au poids de la voiture, et, d'une manière générale, elle ne s'est pas beaucoup écartée, avec cette voiture très lourde, des résultats obtenus sur d'autres réseaux, avec des voitures beaucoup plus légères, mais munies des mêmes équipements.

» En moyenne durant ces essais, la consommation de la voiture vide n'a pas dépassé 5100 watts-heure pour un parcours aller et retour dans Paris de 9^{km},300 comprenant quatorze arrêts intermédiaires, c'est-à-dire environ 550 watts-heure par kilomètre-voiture.

» Avec la voiture complètement chargée, cette dépense s'est élevée à 600 ou 625 watts-heure par kilomètre-voiture.

» Ces chiffres sont extrêmement bas si l'on considère qu'ils se rapportent à des voitures pesant de 14 à 18 tonnes au moment des

essais, puisqu'ils correspondent à moins de 40 watts-heure par tonne-kilomètre.

» Il va sans dire qu'ils ont été sensiblement dépassés en service courant, c'est-à-dire avec des wattmen ordinaires et un nombre d'arrêts généralement supérieur à celui des essais.

» Toutefois, ils n'ont pas dépassé de plus de 15 à 20 pour 100 ceux constatés dans d'autres exploitations, sur des voitures munies des mêmes moteurs, mais pesant 10 à 11 tonnes en charge au lieu de 17 à 18.

» Ces résultats, satisfaisants, sont très probablement dus en partie à ce que les moteurs travaillent dans de meilleures conditions de rendement, leur charge moyenne étant plus élevée; à ce que la vitesse de marche est modérée, mais très certainement aussi à l'excellent roulement des voitures grâce à l'emploi des trucks spéciaux que nous avons décrits. Ce dernier avantage se fait particulièrement sentir aux grandes vitesses, par exemple dans la partie extra-muros, quand les moteurs mis en parallèle et alimentés par le trolley impriment au véhicule une vitesse de 24^{km} à 25^{km} à l'heure sans aucune secousse ni aucun cahot.

» Le passage en courbe est également très remarquable et un ampèremètre branché sur le circuit des moteurs n'indique pas d'accroissement notable du courant même dans les courbes de 25^{m} à 30^{m} de rayon. On peut donc dire que la résistance additionnelle due aux courbes est pratiquement supprimée.

» L'intensité moyenne en palier, avec les moteurs en série, ne dépasse pas 20 à 25 ampères; elle augmente beaucoup sur la rampe du faubourg Saint-Denis, sur laquelle il est nécessaire de mettre les moteurs en parallèle pour empêcher une diminution trop marquée de la vitesse. En moyenne le régime de décharge de la batterie est de 25 à 26 ampères et la tension d'environ 420 volts.

» La recharge se fait après chaque voyage; elle prend environ trente minutes quand la tension est convenablement réglée sur la ligne de trolley.

» Au coup de fouet, l'intensité du courant de charge atteint 80 à 100 ampères; puis elle tombe à 60 ampères au bout de cinq minutes et diminue ensuite graduellement jusqu'à une vingtaine d'ampères, régime auquel la recharge se complète.

» Cette recharge est donc relativement lente et se fait à un régime très modéré.

» Les conditions locales sont d'ailleurs très favorables à la charge par le trolley, l'alimentation des lignes aériennes se faisant par l'extrémité opposée à celle par laquelle les voitures se présentent, de telle sorte que celles-ci sont soumises à un voltage graduellement croissant au fur et à mesure que leur recharge s'opère. La résistance de la ligne joue à ce point de vue un rôle utile et empêche un afflux exagéré de courant qui pourrait avarier les batteries.

» Enfin il est indispensable que la batterie possède une capacité de beaucoup supérieure à celle correspondant strictement à la dépense d'un voyage ; sinon pour éviter le risque de rester en détresse durant le parcours en accumulateurs, on est obligé, par précaution, de recharger à fond la batterie à chaque voyage, afin de lui assurer sa capacité complète, et cela au grand détriment du rendement.

» Aussi est-il très prudent de vérifier à intervalles fréquents la capacité des différentes batteries et de retirer du service celles qui ne laissent plus la marge désirable.

» Cette capacité varie sensiblement avec les plaques du type à oxyde rapporté et, au bout de quelques mois de service, elle tombe souvent aux $\frac{2}{3}$ (et même au-dessous) de la capacité initiale.

» Il est non moins important de maintenir un très bon isolement entre les différents éléments des batteries. Avec la charge en cours de route, ce point est d'autant plus important qu'il est nécessaire d'avoir un pôle à la terre et qu'un seul défaut suffit à produire des dérivations locales. Aucune précaution n'est superflue pour obtenir ce résultat et des inspections minutieuses, ainsi que des mesures fréquentes, doivent être faites pour donner à l'exploitant l'assurance qu'il est atteint.

» Un mauvais isolement a une influence très nuisible sur le rendement des batteries. Il a été souvent constaté que des batteries laissant à désirer sous ce rapport perdaient en quelques heures toute leur capacité ; d'où résultent des dépenses inutiles de courant et des causes d'arrêt du service.

» Nous devons ajouter que, pour obtenir un bon isolement, il est indispensable d'avoir des bacs de très bonne qualité et d'isoler le

plus possible les uns des autres les différents éléments ou groupes d'éléments.

» Les différents bacs employés jusqu'à présent sur les lignes de Pantin et d'Aubervilliers étaient en ébonite et de diverses provenances; ils ont donné de médiocres résultats et ont causé beaucoup de soucis. La Compagnie du Travail électrique des Métaux qui a à sa charge cette partie de l'entretien compte mettre à l'essai des bacs fabriqués au moyen d'autres matières et notamment en ambroïne; il serait fort à souhaiter que ces essais fussent couronnés de succès.

» *Consommation d'énergie à l'usine génératrice.* — Nous avons indiqué plus haut les résultats obtenus pour la consommation d'énergie aux bornes des moteurs. Nous donnerons en terminant quelques renseignements sur la consommation relevée aux wattmètres de l'usine génératrice et dont la comparaison avec les premiers est intéressante.

» Cette consommation s'est élevée, en moyenne, aux chiffres suivants pour les différents mois :

	Watts-heure par voiture-kilomètre.
Mois de juin.....	1122
Mois de juillet.....	1334
Mois d'août	1462

» Il faut tenir compte de ce qu'un tiers des kilomètres-voitures totaux sont parcourus en fil aérien, c'est-à-dire sans qu'intervienne le rendement des batteries.

» Comme on le voit, la consommation a été en augmentant sensiblement et ce résultat est très certainement dû au moins bon isolement des batteries et à la diminution de leur capacité.

» On peut en conclure que le rendement moyen depuis les bornes des dynamos jusqu'à celles des moteurs, en y comprenant les pertes en ligne et celles dues à la batterie, peut s'élever dans de bonnes conditions à environ 60 pour 100; mais qu'il peut tomber au-dessous de 50 pour 100 quand l'état des batteries n'est plus aussi satisfaisant, ou quand celles-ci sont insuffisantes.

» Il pourrait donc y avoir avantage, au point de vue de la dépense finale, à augmenter le poids et l'importance des batteries malgré l'accroissement de poids mort qui en résulte, mais généralement

d'autres conditions interviennent qui limitent souvent d'une manière impérieuse les dimensions qu'il est possible de leur consacrer.

» En résumé, les lignes de Pantin-Aubervilliers constituent une expérience très intéressante de l'emploi des accumulateurs pour la traction des tramways et, malgré quelques petits déboires inévitables dans un début, il est certain que les résultats d'ensemble peuvent être classés parmi les plus satisfaisants qui aient été obtenus dans cet ordre d'idées.

» Il y a quelques jours, la Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston, qui a été chargée de cette entreprise, vient de procéder à la mise en service de la ligne Bastille-Charenton dont l'exploitation est conçue dans un ordre d'idées complètement différent et qui est basée sur l'emploi mixte du trolley et du caniveau.

» Cette nouvelle exploitation fournira des points de comparaison très intéressants qui permettront peut-être de déterminer quel est le système le mieux adapté aux conditions d'exploitation des tramways dans Paris et qui est appelé à triompher définitivement. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. de Marchéna.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

- Canalisations électriques. Lignes aériennes industrielles*; par R.-V. PICOU. Gauthier-Villars, Masson et C^e, éditeurs. Paris, 1898. (*Don des Éditeurs.*)
- Distribution de l'énergie par courants polyphasés*; par J. RODET. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. Paris, 1898. (*Don des Éditeurs.*)
- La Dynamo; modèle démontable en carton*; par C. VOLKERT. E. Bernard et C^e, éditeurs. Paris, 1898. (*Don des Éditeurs.*)
- Éclairage au gaz, éclairage électrique, tramwais*; par M. LAURIOL (Mission à l'étranger en 1898, compte rendu sommaire). Paris, Imprimerie nationale, 1898. (*Don de l'Auteur.*)
- Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme, de E. Mascart et J. Joubert.* 2^e édition; par E. MASCART; 2 vol. in-8 reliés. Masson et C^e. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. Paris, 1896. (*Don de M. Santerre.*)
- Recherches sur le nickel et ses alliages*; par CH.-ED. GUILLAUME. Gauthier-Villars et fils, éditeurs, Paris, 1898. (*Don des Éditeurs.*)
- La traction électrique sur voies ferrées*; par ANDRÉ BLONDEL et F. PAUL-DUBOIS; 2 vol. reliés. Baudry et C^e, éditeurs, Paris, 1898. (*Don des Éditeurs.*)
- La Vie et la Mort*; par A.-E. LAIR. B. Tignol, éditeur, Paris, 1898. (*Don de l'Auteur.*)

Étranger.

Rapport sur la question suivante :

Avez-vous des communications nouvelles à faire sur l'application des moteurs mécaniques à la traction des tramways? par M. E.-A. ZIFFER. Vienne, 1898. (*Don de l'Auteur.*)

Rapport sur la question suivante :

Quels sont les avantages et les inconvénients constatés actuellement par la pratique des divers systèmes de traction électrique? par M. E.-A. ZIFFER. Vienne, 1898. (*Don de l'Auteur.*)

TABLE DES MATIÈRES

DES PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

CLASSIFICATION DES MÉMOIRES ORIGINAUX PUBLIÉS DANS LE *BULLETIN*.

- I. — Lois physiques et phénomènes généraux.
- II. — Unités. Méthodes et appareils de mesure.
- III. — Accumulateurs. Piles. Électrochimie. Électrométallurgie.
- IV. — Matériel électrique pour courants continus.
- V. — Matériel électrique pour courants alternatifs.
- VI. — Canalisation. Appareillage.
- VII. — Stations centrales. Installations diverses. Systèmes de distribution.
- VIII. — Transmission de l'énergie. Traction.
- IX. — Éclairage et chauffage.
- X. — Machines. Applications électro-mécaniques.
- XI. — Télégraphie, Téléphonie. Signaux.
- XII. — Divers. Historique. Jurisprudence.

Abréviations.

EZ.	Elektrotechnische Zeitschrift.
eE.	English Electrician.
eER.	English Electrical Review.
ZE.	Zeitschrift für Elektrotechnik.
aEE.	American Electrical Engineer.
aER.	American Electrical Review.
aEW.	American Electrical World.
IEE.	Journal of the Institution of Electrical Engineers.
EMJ.	Engineering et Mining Journal.
FI.	Journal of the Franklin Institute.
al.	Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.
UW.	Bulletin of the University of Wisconsin.
SA.	Journal of the Society of Arts.

I. — Lois physiques.

- Appareil pour essais à 100 000 volts; *W. Stine*, *aEW*, 5/3.
Calcul mécanique des chutes de potentiel; *W. Browne*, *aEW*, 21/5.
Champ magnétique d'un fil placé parallèlement à l'axe d'un cylindre de fer; *G. Searle*, *eE*, 28/1, 11/2.
Courants oscillatoires; *E. Northrup*, *aEW*, 4/6, 11/6, 18/6.
Décharge d'un condensateur; *Mac Farlane*, *aI*, octobre 1897.
Effets de la foudre sur les lignes de transmission; *A. Gibson*, *aER*, 3/6.
Effets d'un échauffement prolongé sur les propriétés magnétiques du fer; *S. Roget*, *eE*, 3/6.
Électricité produite par le charbon; *J. Reed*, *aEW*, 15/1.
Étude sur les rayons cathodiques et Röntgen; *A. Swinton*, *eE*, 17/6, 1/7.
Examen photographique d'une décharge de 150 000 volts; *C. Steinmetz*, *aEW*, 5/3.
Expériences à grande distance sur l'induction des courants de haute fréquence; *E. Northrup*, *C. Pierce* et *F. Reichmann*, *aEW*, 18/12.
Expériences sur l'inflammabilité du grisou et des poussières de charbon par l'électricité; *Heise* et *Thiem*, *EZ*, 6/1, 9/8, 13/1, 20/1.
Extension de la théorie de Maxwell à la dispersion, à la réflexion métallique; *E. Edser*, *eE*, 8/4.
Force contre-électromotrice de l'arc entre électrodes d'aluminium; *Von Lang*, *ZE*, 13/2.
Hypothèses électriques sur le système solaire; *Delta*, *eE*, 21/1, 4/2; *eER*, 8/4.
Influence de la tension et de la qualité du métal sur les changements de longueur produits par l'aimantation; *eER*, 1/4.
Manière d'être de l'argon dans les tubes à rayons X; *H. Callendar* et *R. Evans*, *eE*, 14/1.
Mécanique de l'électricité de frottement; *J. Weyde*, *EZ*, 28/4.
Méthode simple et approximative de déterminer les composantes sinusoïdales d'une onde; *E. Houston* et *J. Kenelly*, *aEW*, 14/5.
Note sur le mouvement d'un corps chargé avec une vitesse égale ou supérieure à celle de la lumière; *O. Heaviside*, *eE*, 11/11.
Note sur une erreur apparente des équations électromagnétiques usuelles; *O. Heaviside*, *eE*, 17/6.
Perturbations par les tramways dans les observatoires magnétiques; *W. Bezold*, *EZ*, 16/6.
Production de champs tournants par les courants de Foucault, et méthode d'examen rapide des champs alternatifs; *F. Braun*, *EZ*, 31/3.
Proposition pour la représentation des courbes d'induction; *H. Kath*, *EZ*, 23/6.
Propriétés des alliages; *R. Appleyard*, *eER*, 22/4.
Propriétés électriques des alliages; *R. Appleyard*, *eER*, 6/5.
Propriétés magnétiques des fers actuels et sur le coefficient de Steinmetz; *ZE*, 6/2.
Rayons cathodiques dans un champ électrique, *aER*, 3/6.
Recherches sur l'arc électrique, *J. v. Sahulka*, *ZE*, 1/5.
Relations entre l'énergie chimique et l'énergie électrique; *J. A. laudy*, *ZE*, 30/1, 27/3, 3/4.

Représentation graphique du potentiel alternatif; *H. Görzes*, EZ, 17/3.
Sur l'ambroïne; *Böhlendorff*, EZ, 30/6.
Sur l'effet Elihu Thomson; *W. Weiler*, EZ, 19/5.
Sur les écrans magnétiques; *H. du Bois*, eE, 10/12, 17/12, 31/12, 11/12, 11/3, 15/4, 20/5; EZ, 16/7.
Sur les matières isolantes; *Bates et Barnes*, al, octobre 1897.
Sur les rayons X; *Kalischer*, EZ, 16/6, 30/6.
Susceptibilité de l'oxygène liquide; *J. Flemming et J. Deward*, eE, 1/7.
Théorie des courants alternatifs; *W. Rhodes*, eE, 25/3.
Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*, eE, 17/12, 14/1, 18/2, 25/3, 29/4, 27/5, 1/7.

II. — Unités, méthodes et appareils de mesure.

Appareils Siemens et Halske; ZE, 30/1.
Balance magnétique pour essais de perméabilité; *J. Ewing*, eE, 20/5.
Coefficient de température du compteur Thomson; *W. Hooper*, aEW, 26/3.
Comparaison précise des faibles résistances; *S. Sheldon*, aEW, 5/3.
Compteur pour faibles courants d'éclairage; *A. Gibbings*, eE, 20/5.
Compteurs à prépayement, eER, 10/6.
Compteurs et lampes de l'Electrical Co, eER, 1/7.
Constance de l'étalon Clark du Board of Trade; *W. Cooper*, eE, 1/4.
Contacts pour relever les courbes d'alternateurs; *J. Sahulka*, ZE, 23/2.
De l'électromètre à quadrants comme voltmètre et wattmètre; *E. Welton*, eER, 4/3.
Électrodynamomètre absolu d'Helmholtz; *K. Kahle*, EZ, 27/1.
Emploi du téléphone comme galvanoscopo; *G. Hantchet*, aEE, 23/12/97.
Emploi pratique du galvanomètre balistique; *L. Fry*, eER, 4/3.
Essai de rendement d'une station centrale; *W. Goldsborough*, IEE, avril.
Essais des isolateurs pour haute tension; *J. Haskin*, aEW, 22/1.
Essais d'isolement des lignes de tramways; *M. Strobawa*, EZ, 12/5.
Essais d'isolement des réseaux à courants alternatifs; *K. Wilkens*, EZ, 9/12.
Essais sur l'appareil de Kœpsel pour l'étude magnétique des fers; *E. Orlich*, EZ, 12/5.
Étalonnage des ampèremètres et les électrodynamomètres; *H. Carhart*, aEW, 26/3.
Expériences sur l'éclairement des appartements; *J. Thomson*, aEE, 17/3.
Expériences sur les terres; ZE, 3/4.
Formes commerciales des résistances; *L. Atkinson*, eE, 22/4, eER, 29/4.
Indicateur à intégration continue de Little; aER, 20/5.
Indicateur, enregistreur Little; eE, 8/4.
Isolement et conductibilité; *R. Fessenden*, IEE, mars.
La lampe Hefner; aER, 3/6.
Localisation des défauts sur les câbles sous-marins; eER, 31/12.
Mesure des capacités avec la balance; *von Lang*, ZE, 6/3.
Mesure des capacités par la balance; *W. Peukert*, EZ, 20/1.
Mesure des courants triphasés; *L. Fry*, eER, 10/12.
Mesure des défauts au voltmètre; *S. Russel*, eE, 25/2.
Mesure des différences de phases; *H. Martensen*, ZE, 13/2, 27/2, 6/3.
Mesure des faibles résistances; *W. Stine*, aEW, 26/2.

- Méthode de mesure de la self-induction; *E. Northrup*, *aEW*, 19/2.
Méthode de réduction à zéro pour essais de câbles par accumulation; *E.-Raymond Barker*, *aER*, 6/5.
Méthodes d'essais pour les lignes télégraphiques; *J. Young*, *cE*, 10/12, 31/12.
Méthode pour déterminer les pertes par hystérésis dans le fer; *S. Fleming*, *cE*, 23/2, 11/3.
Méthode pour représenter l'intensité dans les câbles sous-marins; *F. Rossel*, *EZ*, 3/3.
Méthode simple et approximative de déterminer les composantes sinusoïdales d'une onde; *E. Houston* et *J. Kenelly*, *aEE*, 14/5.
Notes pour la mesure de la capacité des câbles enroulés; *A. Dearlove*, *cE*, 8/4.
Nouveaux compteurs Siemens; *EZ*, 3/3.
Nouvel appareil pour mesures magnétiques; *R. Treat* et *J. Esterline*, *aEW*, 11/12.
Nouvelle méthode de mesure de la résistance des lampes à incandescence en marche; *R. Apt* et *M. Hofmann*, *EZ*, 24/2.
Nouvelle méthode pour la détermination de l'hystérésis; *J. Gill*, *EZ*, 6/1/98.
Photométrie dans les stations centrales; *B. Speed*, *aEW*, 9/4.
Photométrie dans les stations centrales; *J. Howell*, *aEW*, 7/5.
Propriétés magnétiques des fers actuels et sur le coefficient de Steinmetz; *ZE*, 6/2.
Recherches sur les prises de terre; *F. Vesper*, *EZ*, 9/12, 27/3.
Rendement actuel des lampes à incandescence; *J. Randall*, *aEW*, 29/1, 5/2.
Rendement des transformateurs; *W. Goldsborough*, *aEW*, 26/6.
Résistance d'isolement et courants de perte; *A. Russel*, *cE*, 10/6.
Shunt universel; *J. Rymer-Jones*, *aER*, 27/5.
Sur les compteurs; *Haskins*, *aI*, octobre 1897.
Système de compteur pour tarif variable; *E. Oxley*, *aEE*, 13/1/98.
Traceur de courbes électriques; *E. Rosa*, *cE*, 10/12, 31/12.
Traceur de courbes; *E. Rosa*, *aEW*, 4/12.
Usage des rhéostats à liquide; *ZE*, 27/3.
Valeur des essais magnétiques au galvanomètre balistique; *S. Sheldon* et *T. Cocks*, *aEW*, 18/6.

III. — Accumulateurs. Piles. Electrochimie. Électrométallurgie.

- Accumulateurs; *J. Wade*, *cE*, 7/1, 28/1.
Décomposition électrolytique des chlorures de sodium et de magnésium; *M. Beebe*, *cE*, 21/1.
Essais des accumulateurs; *R. Kennedy*, *cER*, 10/12, 24/12, 31/12.
Expériences sur les accumulateurs; *L. Gebhard*, *ZE*, 29/5, 5/6.
Fabrication des accumulateurs au chlorure de plomb; *cE*, 11/2, 18/2.
Fabrication des accumulateurs au lithanode; *aER*, 13/5.
Fabrication et installations de The Electrical Storage Co; *J. Wetzler*, *aEE*, 29/4.
Les Alkali Works au Niagara; *S. Haskin*, *cE*, 31/12.
L'humidité favorise-t-elle la production de l'ozone; *E. Andreoli*, *cER*, 25/3.
Mécanique des éléments galvaniques; *J. Weyde*, *EZ*, 9/6, 16/6.
Méthodes électrolytiques de raffinage de l'or; *J. Kershaw*, *cE*, 3/6.
Notes sur le traitement électrochimique des minerais des métaux précieux; *C. Weber*, *aE*, 11/2, 18/2, 1EE, mars 1898.

Note sur l'extraction électrolytique de l'or des solutions cyanurées; *S. Cowper Coles*, *aER*, 3/6.

Nouvelle forme de piles thermo-électriques; *C. Reed*, *IEE*, avril.

Procédé électrolytique de fabrication de miroirs paraboliques; *S. Cowper Coles*; *IEE*, mars 1898.

Procédé électrolytique Hargreaves-Bird; *J. Kershaw*, *eE*, 18/2.

Procédés de fabrication de la céruse; *S. Cowper Coles*, *eE*, 11/2.

Production électrolytique des oxydes métalliques; *eE*, 29/4.

Progrès de l'industrie électrochimique; *E. von Fodor*, *ZE*, 15/5, 22/5.

Recherches récentes relatives au dépôt électrolytique des métaux; *J. Graham*, *eE*, 25/2; *eER*, 11/3, 18/3, 1/4.

Sur les accumulateurs; *E. Wade*, *eE*, 24/12, 25/2, 1/4.

Sur un élément à gaz d'éclairage; *Borchers*, *aEE*, 23/12/97.

IV. — Matériel électrique pour courants continus.

Calcul des moteurs pour accélération rapide; *C. Carus-Wilson*, *eE*, 27/5, 3/6; *eER*, 10/6, 17/6.

Commutation sans étincelles; *H. Allen*, *IEE*.

Commutation sans étincelles; *T. Reid*, *aI*, janvier 1898.

Compensateur pour les enroulements en dérivation des régulateurs; *Korting et Mathiesen*, *EZ*, 19/5.

Couplage des dynamos compoundées; *G. Hanchet*, *aEW*, 12/2.

Couplage des dynamos dans le système à 3 fils; *A. Kugler*, *EZ*, 10/2.

Étincelles aux balais, leur cause et leurs effets; *T. Reid*, *eE*, 11/2.

Étincelles des dynamos; *E. Thomas*, *eE*, 18/2.

Expériences sur la commutation des dynamos et des moteurs; *W. Everett et H. Peake*, *eE*, 22/4.

Influence du rapport de réduction sur le rendement des moteurs de tramways; *E. Fischinger*, *EZ*, 23/12.

Moteurs Crocker-Wheeler; *G. Dunn*, *aEW*, 31/3; *aEE*, 7/4, 14/4, 21/4.

Moteurs du système Walcker; *E. Wahle*, *EZ*, 31/3.

Notes sur les balais en charbon; *ZE*, 19/6.

Nouvelle méthode pour éviter les étincelles; *J. Fischer-Hinnen*, *EZ*, 30/12.

Perfectionnements dans les machines à courant continu; *J. Seidener*, *ZE*, 20/3.

Pertes dans le fer des dynamos; *G. Dettmar*, *EZ*, 21/4.

Porte-balais pour charbons; *E. Scott*, *aER*, 6/5.

Réaction d'induit dans les machines à courant continu; *E. Bessey*, *aEE*, 12/5.

Réglage et protection des moteurs; *H. Cutter*, *aEW*, 16/4.

V. — Matériel électrique pour courants alternatifs.

Alternateur à fer tournant de *Steinmetz*, *aEE*, 9/12.

Calcul de la dispersion magnétique; *A. Rothert*, *EZ*, 26/5.

Calcul des moteurs pour accélération rapide; *C. Carus-Wilson*, *eE*, 27/5, 3/6.

Emploi des moteurs polyphasés sur les tramways; *C. Steinmetz*, *aEW*, 1/1.

- Enroulements des armatures polyphasées; *J. Stone*, *eE*, 21/1.
Indicateur pour champs tournants et tensions alternatives; *H. Ebert* et *W. Hofmann*, *EZ*, 23/6.
Inductance des armatures; *Goldsborough*, *aI*, octobre 1897.
Le moteur à induction monophasé; *C. Steinmetz*, *aEW*, 5/3.
Le transformateur rotatif; *C. Steinmetz*, *EZ*, 3/3, 10/3.
Lois des commutatrices; *J. Woodbridge* et *E. Child*, *aEW*, 12/2.
Lois des convertisseurs rotatifs; *J. Woodbridge* et *C. Child*, *aEW*, 1/1.
Méthodes pour le démarrage des moteurs asynchrones à courants alternatifs; *R. Arno*, *eE*, 17/12.
Mise en parallèle des alternateurs; *G. Frisch*, *ZE*, 8/5.
Mise en parallèle des alternateurs; *J. Sahulka*, *ZE*, 6/3.
Moteurs à courant alternatif avec grand couple de démarrage; *M. Deri*, *ZE*, 12/6.
Moteurs asynchrones; *C. Steinmetz*, *EZ*, 9/12, 16/12, 30/12.
Moteurs d'induction; *C. Steinmetz*, *aI*, octobre 1897.
Notes sur les moteurs à courants alternatifs; *A. Eborall*, *eE*, 1/1, 21/1, 4/2; *eER*, 18/3, 1/4, 15/4.
Nouvelle bobine d'induction; *E. Thomson*, *aI*, octobre 1897.
Pertes dans le fer des transformateurs; *H. Carhart*, *aEW*, 5/3.
Procédé simple pour le démarrage des moteurs à courants alternatifs; *R. Arno*, *EZ*, 17/2.
Proposition pour le calcul de la dispersion dans les transformateurs; *G. Kapp*, 14/4. *EZ*.
Réglage et protection des moteurs; *H. Cutter*, *aEW*, 16/4.
Rendement des transformateurs; *A. Russell*, *eE*, 25/3.
Rendement des transformateurs; *W. Goldsborough*, *aEW*, 26/6.
Transformateur du Niagara; *T. Child*, *aEW*, 30/4.
Transformateur rotatif; *Owens*, *Hawksworth* et *Doubrava*, *aI*, octobre 1897.
Transformateurs de courants; *C. Child*, *aEE*, 26/5, 2/6.
Transformateurs de phases et leurs applications; *G. Mayer*, *ZE*, 17/4.
Transformateurs du Niagara; *J. Peck*, *aEW*, 9/4.

VI. — Canalisation. Appareillage.

- Appareillage des tableaux; *J. Blaikie*, *eER*, 10/6; *EF*, 10/6.
Calibres et gabarits pour douilles Edison; *H. Hundhausen*, *EZ*, 2/6.
Commutateurs de laboratoire; *J. Kollert*, *EZ*, 3/3.
Canalisations souterraines pour éclairage à arc; *S. Sharjsteen*, *aEE*, 2/12.
De l'aluminium pour les lignes électriques; *A. Hunt*, *aEE*, 24/2.
Densités du courant à employer dans les canalisations; *C. Serva*, *aEE*, 9/12, 16/12.
Des capacités dans les câbles; *H. Andriesen*.
Disjoncteur d'*Andrews* et son emploi; *EZ*, 20/1.
Effets de la foudre sur les lignes de transmission; *A. Gibson*, *aER*, 3/6.
Interrupteur pour haute tension; *EZ*, 24/3.
Interrupteur pour résistances inductives; *H. Müller*, *EZ*, 3/2.
Interrupteur rapide; *P. Meyer*, *EZ*, 30/12.

Manufacture des lampes et autres appareils pour circuits à 200 volts; *G. Byng*, *eE*, 11/3, 18/3; *IEE*.
Méthode simple pour la détermination de la section économique et de la perte d'énergie des canalisations; *A. Bull*, *EZ*, 9/6.
Parafoudres; *H. Raymond*, *aEW*, 11/6, 26/6.
Protection pour les systèmes à trois fils; *E. Oxley*, *aEE*, 5/5.
Résistances pour démarrages et changement de marche; *E. Egger*, *EZ*, 27/1.
Sur les avertisseurs d'incendie; *Bosch*, *al*, octobre 1897.
Tableau pour l'éclairage des scènes de théâtre; *H. Bissing*, *aEW*, 19/2.
Tableaux pour stations centrales; *F. Perrine*, *aEW*, 26/3.
Uniformisation des douilles Edison; *H. Hundhausen*, *EZ*, 19/5.
Usage des rhéostats à liquide; *ZE*, 27/3.

VII. — Stations centrales. Installations diverses. Systèmes de distribution.

Applications des courants alternatifs; *A. Davis*, *aEW*, 1/1.
Compagnie Edison de Saint-Louis; *H. Wagner*, *aEE*, 9/6.
Distribution à grande distance par traction électrique; *A. Blondel*, *aEW*, 1/1.
Distribution de l'énergie électrique; *C. Wordingham*, *eE*, 24/12.
Distribution monoeyclique de Middletown; *aEW*, 31/3.
Distribution par courants alternatifs; *H. Wagner*, *aEE*, 16/6, *aEW*, 18/6.
Distribution par courants continus; *L. Fergusson*, *aEE*, 16/6, *aEW*, 26/6.
Distributions municipales au point de vue commercial; *A. Gibbings*, *eE*, 13/5, 3/6.
Emploi des courants polyphasés; *E. Hawkins*, *eER*, 25/3, 1/4, 8/4; *aE*, 15/4.
Équipement du croiseur *Chitor*; *G. Dickie*, *aEW*, 9/4.
Essai de rendement d'une station centrale; *W. Goldsborough*, *IEE*, avril.
Haute tension; *J. Trowbridge*, *eE*, 4/2.
Installation de Juiz de Flora; *P. Thomas*, *aEW*, 19/2.
Installation des rapides de Lachine et prix de l'énergie; *W. M. Lea Walbank*, *aEW*, 18/6.
Installations d'éclairage de Reading (Pa); *N. Hopkins*, *aEE*, 10/3.
Installations de la New-York et Staten Island Co et de la Colombia Water Power Co; *aEW*, 11/6.
Installations de Torquay; *eER*, 1/4.
Installations d'Hermannstadt; *O. von Miller*, *ZE*, 17/4.
Installations électriques en Espagne; *A. Lietke*, *EZ*, 5/5.
Installations électriques de la Purdue University; *aEW*, 28/5.
Montage des génératrices puissantes; *G. Hantchet*, *aEW*, 4/12.
Nouvelle station centrale de Munich; *F. Uppenborn*, *EZ*, 3/3.
Observatoire magnétique de Toronto; *R. Stupart*, *eE*, 6/5.
Précautions contre les arrêts dans les stations centrales; *L. Andrews*, *eE*, 6/5.
Prix de la production et de la distribution de l'électricité; *R. Hammond*, *eE*, 1/4.
Prix de la production et de la distribution de l'énergie; *R. Hammond*, *aE*, 8/4, 15/4; *IEE*, avril 1898.
Prix de l'énergie du Niagara à Buffalo; *C. Emery*, *aEE*, 29/4.
Stations centrales de Londres; *H. Gunton*, *aEW*, 5/3, 12/3, 19/3.

- Statistique des stations centrales anglaises; *C. Dorly*, aEE, 21/1.
Sur les facteurs déterminant les bénéfices des installations électriques; *C. Fe'dmann*, EZ, 23/12, 30/12.
Système de taxation d'après le facteur de charge; *W. Barstow*, aEE, 13/1/98.
Système Thury pour transmission à haute tension; *C. Wieshfer*, EZ, 23/2.
Tableaux pour stations centrales; *F. Perrine*, aEW, 26/3.
Transmission dans les tanneries; aEE, 7/4.
Transmissions électriques dans les mines; ZE, 16/2, 23/2, 30/1.
Usine municipale de Wakefield, eE, 24/6.
Usines de la « General Electric » à Shenectady; *H. Gunton* et *H. Lomas*, eER, 24/12.
Utilisation des chutes de Kerka en Dalmatie; ZE, 15/5.
Utilisation des chutes de Saint-Anthony; aEE, 5/5.
Utilisation des gaz de hauts fourneaux pour les transmissions électriques; *W. Boot*, eER, 22/4.

VIII. — Transmission de l'énergie. Traction.

- Block-système automatique de *Wilfrid Blout*, ZE, 6/2.
Charrue électrique; *Müllendorff*, EZ, 2/6.
Chemin de fer à voie étroite de la sucrerie *Groenendijk*, en Hollande; *J. Werther*, EZ, 14/4.
Chemin de fer central de Londres; ZE, 1/5.
Chemin de fer de la Yungfrau; *L. Baily*, aEE, 24/2.
Chemin de fer électrique Stockholm-Djersholm; *R. Dahlander*, EZ, 9/6.
Construction des tramways en Angleterre; *H. Lomas*, aEW, 29/1, 5/2.
Construction du caniveau du tramway de New-York; eE, 27/5.
Contacts superficiels; *G. Hantchet*, aEW, 7/5, 14/5.
Difficultés dans l'emploi de l'électricité pour les grands trafics; *L. Bell*, aEW, 1/1, 8/1.
Elevated Rail-road de Chicago; *J. Cravath*, aEE, 5/5.
Emploi des moteurs polyphasés sur les tramways; *C. Steinmetz*, aEW, 1/1.
Équipement du Brooklyn Elevated; aEE, 3/3.
Essai d'un tramway à accumulateurs; moteurs en dérivation et nouveau régulateur; *E. Fischinger*, EZ, 24/3.
Influence du rapport de réduction sur le rendement des moteurs de tramways; *E. Fischinger*, EZ, 23/12.
Installations du Rand (Johannesburg); eE, 24/12.
Introduction de la traction électrique sur les tramways de Berlin; EZ, 5/5.
Jonction des rails; *H. Brown*, aEW, 8/1.
Jonction des rails; *W. Harrington*, aEE, 16/12.
Le nouveau métropolitain de New-York; *E. Stevenson*, aEE, 12/5.
Liaison des rails; *W. Harrington*, eE, 18/3.
Notes sur les tramways électriques; *P. Cardew* et *A. Trotter*, eE, 29/4.
Particularité de la traction mécanique; *P. Dawson*, eE, 28/1.
Perturbations par les tramways dans les observatoires magnétiques; *W. Bezold*, EZ, 16/6.
Problèmes de traction électrique; *C. Child*, eE, 21/1, 28/1; ZE, 27/2, 6/3.

Projet pour le chemin de fer de la Wannsee; *L. Rottenburg*, EZ, 2/6.
Railway à contacts superficiels; *G. Hantchet*, aEW, 28/5.
Retours par les rails des tramways électriques; *H. Parshall*, eE, 6/5.
Remplacement du câble par le trolley souterrain à Washington; *N. Hopkins*, aEE, 2/12.
Signaux avertisseurs pour passages à niveau non surveillés; *L. Kohlfürst*, EZ, 12/5.
Statistique des tramways allemands; EZ, 6/1/98.
Sur la meilleure disposition des conducteurs de retour pour tramways; *F. Natalis*, EZ, 17/3.
Sur l'archet dans les tramways; *Von Strobava*, EZ, 17/2.
Sur la traction électrique; *Gerry*, aI, octobre 1897.
Système de contacts superficiels de Kingsland; eER, 18/3.
Système Murphy pour contacts superficiels; aEE, 7/4.
Traction électrique; *C. Marshall*, aEW, 25/12.
Traction électrique par câbles; *R. Lamb*, aI, janvier 1898.
Tramways à accumulateurs; *F. Hauswald*, EZ, 31/3.
Tramways à conducteur sectionné; *G. Hantchet*, aEW, 23/4.
Transmission dans les tanneries; aEE, 7/4.
Tramway de Cloutarf; eE, 24/12.
Tramway de Kidderminster et Stourport; eE, 20/5.
Tramways de Prague; ZE, 3/12.
Tramways électriques à Berlin; EZ, 20/1.
Tramways électriques de Berlin (règlement et statistique); EZ, 13/1.
Traction électrique; *R. Quin*, eER, 24/6.
Voies transportables pour l'art militaire, système *A. Koppel*; ZE, 13/2.

IX. — Éclairage et chauffage.

Appareils électriques pour la cuisine; ZE, 9/2.
Calibres et gabarits pour douilles Edison; *H. Hundhausen*, EZ, 2/6.
Charbons à lumière et autres; *F. Jehl*, eE, 8/14, 15/4, 6/5, 3/6.
Considérations sur le choix des lampes à incandescence; *S. Doane*, aEW, 26/6.
Cuisine électrique; *Jackson*, aI, octobre 1897.
De la qualité des lampes à incandescence; *F. Wilcox*, aEW, 11/12.
De la valeur réelle des lampes à incandescence; *J. Wilcox*, aEE, 14/5.
Éclairage des trains, système Dick; EZ, 28/4.
Lampe à incandescence de Nernst; ZE, 27/2.
Lampes à arc enfermé en séries pour circuits à haute tension; aEE, 24/3.
Lampes à arc enfermé; *Freedmann, Burroughs et Rapaport*; aI, octobre 1897.
Lampes à arc enfermé; *W. Wedding*, EZ, 16/12.
Lampes à incandescence pour 200 volts; *G. Binswanger Byng*, aEW, 19/3.
Lampes Jandus; *J. Barton*, ZE, 10/4.
Nettoyage et entretien des lampes à arc enfermé; *J. Hallberg*, aEE, 19/5.
Rendement actuel des lampes à incandescence; *J. Randall*, aEW, 29/1, 5/2.
Sur les électros de réglage des lampes à arc; *T. Weil*, EZ, 30/6.
Uniformisation des douilles Edison; *H. Hundhausen*, EZ, 19/5.

X. — Machines. Applications électromécaniques.

Conduite des chaudières; *A. Mountain*, eE, 7/1.
Frein électromagnétique de l'Union; *F. Kubiersky*, EZ, 7/4.
Graissage automatique des machines à grande vitesse; *A. Morcom*, eE, 1/4.
Great Northern Elevator de Buffalo; *O. Dunlap*, aEE, 27/1.
Grues électriques; *J. Statter*, eE, 22/4.
Le Great Northern Elevator de Buffalo; *A. Vickers*, aEW, 12/2.
L'Électricité dans les fabriques de coton; *W. Whaley*, aEE, 9/12.
Machines auxiliaires à bord des vaisseaux; *G. Dickie*, aEW, 11/12.
Nécessité d'unifier les machines et appareils; *C. Wordingham*, eER, 17/6.
Réglage de la vitesse des installations hydrauliques; *M. Repogle*, aI, janvier 1898.
Régulateurs de vitesse; *T. Hall*, aEW, 4/6.
Riveuse électrique; *V. Koloditsch*, eE, 22/4.

XI. — Télégraphie. Téléphonie. Signaux.

Applications pratiques du coherer; *A. Brown*, aEE, 9/12.
Bureau central automatique; aER, 20/5.
Canalisation téléphonique souterraine de Stockholm; *A. Hullmann*, EZ, 17/2, 24/2.
De l'induction en téléphonie; *W. Moon*, 22/4.
Développement de la téléphonie en Autriche; *H. von Hellrigl*, ZE, 24/4, 1/5, 8/5.
Dispositif pour éliminer les bruits dans les installations téléphoniques d'ateliers, ZE, 26/6.
Essais avec le coherer de Righi; *J. Tuma*, ZE, 23/3.
Essais des câbles télégraphiques; *W. Young*, eE, 14/1, 21/1.
Essais du synchronographe sur les lignes de la Grande-Bretagne; *A. Crehore* et *G. Squier*, aEW, 29/1; EZ, 10/3.
Exploitation par accumulateurs du réseau télégraphique de Buenos-Ayres; *A. Tribelhorn*, EZ, 26/5.
Expériences sur la télégraphie par étincelles; *K. Strecker*, eE, 8/4.
Installations téléphoniques; *A. Dobbs*, aEW, 31/3; aEE, 14/4, 21/1, 29/4, 5/5, 12/5.
Lampes à incandescence pour 200 volts; *G. Binswanger Byng*, aEW, 19/3.
Le téléphone à Détroit; *S. Grace*, aEE, 3/2.
Localisation des défauts sur les câbles sous-marins; eER, 31/12.
Méthode pour représenter l'intensité dans les câbles sous-marins; *F. Rossel*, EZ, 3/3.
Méthodes d'essais pour les lignes télégraphiques; *J. Young*, eE, 10/12, 31/12.
Production du courant au Bureau télégraphique central de Stuttgart; *G. Ritter* et *J. West*, EZ, 27/1, 3/2, 10/2.
Progrès de la téléphonie; *K. Müller*, ZE, 13/3.
Récepteur Morse de la République Argentine; EZ, 28/4.
19/5, 26/5, 2/6, 9/6, 23/6.
Relai vibrant pour câbles; *E. Gulstad*, aER, 3/16, 10/6.
Simplification des récepteurs pour téléphonie sans fils; *H. Rupp*, EZ, 14/4.
Système téléphonique du Royaume-Uni; *F. Raphaël*, eE, 10/12, 13/5.

Transmetteur pour la télégraphie sous-marine; *T. Karass*, EZ, 17/3.
Télégraphie duplex avec appareil Hughes entre Berlin et Londres; EZ, 31/3.
Télégraphie sans fils; *G. Selly*, eE, 14/1.
Télégraphie sans fils; *J. Mattnusch*, ZE, 16/2.
Téléphonie moderne; *V. Barth*, ZE, 15/5, 22/5, 29/5. 5/6, 12/6.

XII. — Divers. Historique. Jurisprudence.

Code national; aI, novembre 1897.
Compagnie Edison de Brooklyn; *J. Wetzler*, aEE, 6/1.
Expériences sur l'inflammabilité du grisou et des poussières de charbon par l'électricité; *Hase et Thiem*, EZ, 6/1, 13/1, 20/1.
L'énergie électrique au point de vue juridique; *F. Meili*, EZ, 7/4.
Mort par l'électricité; *W. Hedley*, eE, 18/2.
Risques d'incendie des installations électriques; *L. Taylor*, eER, 17/12.



TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

CITÉS DANS LE TOME XV.

	Pages
ARMAGNAT. — L'hystérésimètre Blondel (modèle J. Carpentier).....	467
ARSONVAL (A. d'). — Président sortant. Allocution	149
AUER VON WELSBACH. — Incandescence de l'osmium.....	228
BARBARAT (A.). — Câbles électriques à circulation d'air sec.....	119
BECKER (H.). — Manuel d'Électrochimie et d'Électrométallurgie. Applications électrochimiques et électrothermiques. (<i>Bibl.</i>).....	461
BERGET (A.) et CHAPUIS (G.). — Cours de Physique à l'usage des candidats aux Écoles spéciales. (<i>Bibl.</i>).....	56
BLÉTRY (C.) et BLÉTRY (fils). — Manuel de l'inventeur. (<i>Bibl.</i>).....	331
BOUCHEROT (G.). — Moteurs à courants polyphasés, à induits fermés sur eux-mêmes et démarant en charge	68
BOUCHEROT (G.). — Condensateurs industriels. Alternateurs auto-exciteurs....	79
BOUCHEROT (G.). — Sur un nouvel appareil pour mesurer les couples.....	474
BOUCHET (Maurice). — Nouveau mode de rupture du courant. Application aux coupe-circuits.....	101
BRANLY (Ed.). — Remarques sur l'histoire de la Télégraphie sans fil	65
CHAPUIS (G.) et BERGET (A.). — Cours de Physique à l'usage des candidats aux Écoles spéciales. (<i>Bibl.</i>).....	56
CHARPY (G.). — Les gaz de l'atmosphère, de M. W. Ramsay. (<i>Bibl.</i>).....	331
COUSTET (E.). — Les compteurs d'Électricité. (<i>Bibl.</i>).....	462
DUCKETET (E.). — Sur la Télégraphie hertzienne sans fil, avec les radioconducteurs de M. Branly et les dispositifs de MM. Popoff et Ducketet	235
DUMONT (G.). — Électromoteurs et leurs applications. (<i>Bibl.</i>).....	59
DUMONT (E.). — Automobiles sur rails. (<i>Bibl.</i>).....	462
FISCHER (Dr Ludwig). — Elektrische Licht und Kraft-Anlagen Gesichtspunkte für deren Projectierung. (<i>Bibl.</i>).....	463
GIRAULT (P.). — Sur la commutation dans les dynamos à courant continu	183
GODFERNAUX (Raymond). — La traction mécanique des tramways. (<i>Bibl.</i>).....	57
GOSSELIN (X.). — Sur les potentiomètres industriels	246
GUILLAUME (Ch.-Ed.). — Recherches sur les aciers au nickel.....	40
GUILLAUME (Ch.-Ed.). — La détermination mécanique des courbes terminales des spiraux.....	333
HOSPITALIER (Ed.). — Le concours de fiacres et l'Exposition des automobiles....	275

	Pages
LAFFARGUE (J.). — La distribution de l'énergie électrique en Allemagne.....	137
LAPORTE (F.). — Étude sur les étalons lumineux usuels.....	166
LAURENS DE LA BARRE (G. DU). — Manuels des Brevets d'invention et de la contre- façon. (<i>Bibl.</i>).....	332
LAURIOL. — Observations sur la tarification de l'énergie électrique.....	414
LEBLANC (Maurice). — Étude sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs.....	416
LOPPÉ (F.). — Accumulateurs électriques (<i>Bibl.</i>).....	156
MARCHÉNA (DE). — Tramways à traction mixte de Pantin à Paris.....	517
MINET (A.). — Les fours électriques et leurs applications. (<i>Bibl.</i>).....	56
MIRON (F.). — Les huiles minérales. (<i>Bibl.</i>).....	462
MONTILLOT (L.). — Télégraphie pratique. (<i>Bibl.</i>).....	332
MONTPELLIER (J.-A.). — Les dynamos. (<i>Bibl.</i>).....	58
NANSOUTY (Max DE). — L'année industrielle. (<i>Bibl.</i>).....	331
PELLISSIER (G.). — La tarification de l'énergie électrique.....	395
PICOU (R.-V.). — Distribution de l'Électricité par installations isolées. (<i>Bibl.</i>)...	156
PICOU (R.-V.). — Président entrant. Allocution.....	162
RAMSAY (W.). — Les gaz de l'atmosphère, traduction de M. G. Charpy. (<i>Bibl.</i>)..	331
SARRAZIN (C.). — Cours d'Électricité théorique et pratique. (<i>Bibl.</i>).....	462
SIDERSKY (D.). — Les constantes physico-chimiques. (<i>Bibl.</i>).....	86
TOMMASI (Donato). — Formulaire physico-chimique. (<i>Bibl.</i>).....	461
VALLIER (E.). — Cuirassés et projectiles de marine. (<i>Bibl.</i>).....	57
VOISENAT. — La Télégraphie sans fil par onduations électriques.....	7



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

	Pages
Accumulateurs électriques, par M. Loppé (<i>Bibl.</i>) ..	156
Aciers au nickel (Recherches sur les), par M. Guillaume (Ch.-Ed.).....	40
Allocution de M. d'Arsonval, Président sortant.....	149
Id. de M. R.-V. Picou, Président entrant.....	162
Année industrielle (L'), par M. Max de Nansouty (<i>Bibl.</i>).....	331
Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1898 (<i>Bibl.</i>).....	57
Appareil pour mesurer les couples (Sur un nouvel), par M. P. Boucherot.....	474
Assemblée générale annuelle du 6 avril 1898.....	129
Automobiles sur rails, par M. G. Dumont (<i>Bibl.</i>).....	462
Avis aux Sociétés d'éclairage et propriétaires d'installations électriques.....	327
Bibliographie.....	56, 156, 331, 461
Câbles électriques à circulation d'air sec, par M. A. Barbarat.....	119
Comité d'administration (Rapport du).....	133
Comité d'administration (Renouvellement partiel du).....	148
Commutation dans les dynamos à courant continu (Sur la), par M. P. Girault...	183
Compteurs d'électricité (Les), par M. E. Coustet (<i>Bibl.</i>).....	462
Concours de fiacres et l'Exposition des automobiles (Lc), par M. Hospitalier...	275
Condensateurs industriels; alternateurs auto-exciteurs, par M. P. Boucherot..	79
Constantes physico-chimiques (Les), par M. D. Sidersky (<i>Bibl.</i>).....	156
Cours d'Électricité théorique et pratique, par M. E. Sarrazin (<i>Bibl.</i>).....	462
Cours de Physique à l'usage des candidats aux Écoles spéciales, par MM. J. Chappuis et A. Berget (<i>Bibl.</i>).....	56
Cuirassés et projectiles de Marine, par M. E. Vallier (<i>Bibl.</i>).....	57
Détermination mécanique des courbes terminales des spiraux, par M. Ch.-Ed. Guillaume.....	333
Distribution de l'électricité par installations isolées, par M. R.-V. Picou (<i>Bibl.</i>).....	156
Distribution de l'énergie électrique en Allemagne (La), par M. J. Laffargue.....	137
Dynamos (Les), par M. J.-A. Montpellier (<i>Bibl.</i>).....	58
École supérieure d'Électricité (Dons à l').....	6, 98, 162, 274, 394, 466
École supérieure d'Électricité (Examens de sortie).....	392
Électromoteurs et leurs applications, par M. G. Dumont (<i>Bibl.</i>).....	59
Électrochimie (L'), par M. Ad. Minet (<i>Bibl.</i>).....	157
Électrometallurgie (L'), par M. Ad. Minet (<i>Bibl.</i>).....	157
<i>Erratum</i>	55
Étalons lumineux usuels (Étude sur les), par M. F. Laporte.....	166
Formulaire physico-chimique, par Donato Tommasi (<i>Bibl.</i>).....	461
Fours électriques et leurs applications (Les), par M. Ad. Minet (<i>Bibl.</i>).....	56
Gaz de l'atmosphère (Les), par M. W. Ramsay (<i>Bibl.</i>).....	331

	Pages
Huiles minérales (Les), par M. F. Moiron (<i>Bibl.</i>).....	462
Hystérésimètre Blondel, modèle J. Carpentier (L'), par M. Armagnat.....	467
Incandescence de l'osmium, par M. le Dr Auer von Welsbach.....	228
Manifestation en l'honneur de M. Z. Gramme.....	99
Manuel d'Électrochimie et d'Électrométallurgie, par M. H. Becker (<i>Bibl.</i>).....	461
Manuel de l'Inventeur, par MM. C. Blétry et Blétry fils (<i>Bibl.</i>).....	331
Manuel des brevets d'invention et de la contrefaçon, par M. G. de la Barre (<i>Bibl.</i>).....	332
Membres décédés.....	98, 274, 393 465
Id. titulaires (Admission de).....	6, 98, 130, 161, 231, 274, 393 466
Mode de rupture du courant (Nouveau), par M. Maurice Bouchet.....	101
Moteurs à courants polyphasés, à induits fermés sur eux-mêmes et démarrant en charge, par M. P. Boucherot.....	68
Ouvrages offerts (Liste des).....	62, 126, 231, 272, 328 536
Périodiques étrangers, Mémoires originaux.....	60, 127, 158, 229, 269, 329
Potentiomètres industriels (Sur les), par M. X. Gosselin.....	246
Rapport de la Commission des comptes sur l'exercice 1897, par M. A. Berthon.....	130
Rapport sur l'excursion électrotechnique faite en Suisse par les Élèves de l'École supérieure d'Électricité.....	339
Réunion ordinaire mensuelle du 12 janvier 1898.....	5
Id. Id. 2 février 1898.....	65
Id. Id. 2 mars 1898.....	117
Id. Id. 6 avril 1898.....	129
Id. Id. 1 mai 1898.....	161
Id. Id. 1 ^{er} juin 1898.....	233
Id. Id. 6 juillet 1898.....	273
Id. Id. 9 novembre 1898.....	393
Id. Id. 7 décembre 1898.....	465
Revue des Travaux et Publications.....	154 228
Situation financière de l'exercice 1897 et bilan.....	151, 152, 153
Table des matières des périodiques étrangers.....	537
Tarification de l'Énergie électrique (La), par M. G. Pellissier.....	395
Id. Id. (Remarque sur la), par M. Lauriol.....	414
Télégraphie hertzienne sans fil avec les radioconducteurs de M. Branly et les dispositifs de MM. A. Popoff et E. Ducretet, par M. E. Ducretet.....	235
Télégraphie pratique, par M. Montillot (<i>Bibl.</i>).....	332
Télégraphie sans fil par ondulations électriques (La), par M. Voisenat.....	7
Id. Id. (Remarques sur la), par MM. Ed. Branly et Ducretet.....	65, 125
Traction mécanique des tramways (La), par M. Raymond Godfernaux (<i>Bibl.</i>)..	57
Tramways à traction mixte de Pantin à Paris, par M. de Marchéna.....	517
Transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs (Étude sur la), par M. Maurice Leblanc.....	416, 482

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

TABLE DES MATIÈRES.

	Page
Notice.....	5
Décret d'utilité publique.....	7
Statuts.....	8
Règlement intérieur d'administration.....	11
	Décret, Convention et Actes divers..... 15
	Règlement de contrôle..... 26
Laboratoire central d'Électricité.....	Règlement intérieur..... 27
	Commission administrative..... 30
	Personnel..... 30
	Tarif des essais et étalonnements..... 31
	Organisation de l'École..... 35
	Conseil de perfectionnement..... 36
École supérieure d'Électricité.....	Souscripteurs..... 38
	Personnel..... 38
	Organisation de l'Enseignement..... 39
	Programme d'admission..... 42
	Présidents honoraires..... 45
Comité d'administration.....	Anciens Présidents..... 45
	Membres du Bureau..... 46
	Membres du Comité..... 47
Délégués généraux.....	49.
Membres correspondants.....	50
Commission des Comptes.....	51
Liste générale alphabétique des Membres de la Société.....	53

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS,

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 7 DÉCEMBRE 1886.

NOTICE.

La Société internationale des Électriciens a été fondée dans le courant de l'année 1883 et définitivement constituée par l'Assemblée générale du 15 novembre de la même année. Les électriciens avaient éprouvé, dès 1881, la nécessité d'un groupement, que le Congrès libre avait réalisé un instant. Aussi, dès sa fondation, la Société réussit-elle à grouper un millier d'adhérents, électriciens de toute nationalité, savants, ingénieurs ou industriels.

Dès l'année 1884, elle commença la publication de son *Bulletin* mensuel. En 1885, elle donna une preuve manifeste de sa vitalité, en organisant la petite exposition de l'Observatoire, dont on n'a pas oublié le succès.

Mais, pour aller plus loin et donner suite au projet de création du Laboratoire d'électricité, projet qui datait de la première heure, il fallait obtenir la personnalité civile par la reconnaissance d'utilité publique. Les Statuts furent approuvés par le Conseil d'État, et le Décret de déclaration d'utilité publique fut rendu à la date du 7 décembre 1886.

La Société internationale des Électriciens eut encore, en 1889, l'initiative de la proposition de réunion du Congrès international, auquel ses membres ont pris une part considérable.

Le Laboratoire central d'électricité, qui forme l'un des plus importants services de la Société, fut alors organisé avec le concours du Ministère des Postes et Télégraphes, à l'aide des dons de toute nature offerts par les membres de la Société. Il est définitivement installé dans les bâtiments construits sur les terrains concédés rue de Staël, par la Ville de Paris; grâce à d'importantes et généreuses contributions privées et à la portion du legs Giffard spécialement affectées à l'Institution, la Société a pu donner aux constructions, au matériel et à l'outillage un développement en rapport avec l'extension des services que rend le Laboratoire, services qui sont aujourd'hui universellement appréciés. Enfin, au mois de novembre 1894, la Société a décidé d'adjoindre au Laboratoire une École d'Application, qui reçut ultérieurement le nom d'*École supérieure d'Électricité*, et est aujourd'hui en plein développement.

Séances. — La Société tient ses séances mensuelles dans l'Hôtel de la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, le premier mercredi de chaque mois, à 8 heures et demie du soir.

L'aménagement de la salle et la facilité de disposer à volonté de courant et de force motrice sur les tables d'expérience mêmes, permettent d'ajouter aux séances l'attrait d'expériences et de projections. Des invitations sont envoyées aux personnes étrangères à la Société, qui en font la demande pour une séance déterminée. Des cartes d'entrée sont également envoyées aux élèves des principales Écoles.

Bulletin. — Son Bulletin mensuel publie *in extenso* les Communications faites en séance, ainsi que les discussions qui les accompagnent. Il donne, en outre, un résumé des séances des Sociétés électriques étrangères, ainsi qu'une Revue des principaux travaux et des publications techniques de France et de l'étranger.

Les principaux Mémoires et les Communications les plus importantes y sont analysés en détail.

Bibliothèque. — La bibliothèque de la Société renferme un grand nombre d'Ouvrages et une importante collection de périodiques. Tous les Ouvrages offerts à la Société y prennent place, après avoir été l'objet d'un compte rendu analytique dans le *Bulletin* mensuel.

Elle est ouverte tous les jours de 1 heure à 5 heures, à tous les membres adhérents, qui peuvent y consulter sur place tous les Ouvrages qu'elle contient.

Laboratoire. — Le Laboratoire de la Société est à la disposition des savants et des industriels, dans les conditions définies par le Règlement d'administration que l'on trouvera ci-après, et du Règlement intérieur, page 22. Il offre à l'industrie des moyens de contrôle et d'essai des appareils et matières, dans des conditions de haute précision et de parfaite impartialité. Les résultats des mesures sont consignés dans des certificats signés par le Directeur du Laboratoire. Le nombre des essais demandés par les administrations publiques et par l'industrie suit une progression rapide.

En même temps, le Laboratoire met à la disposition des jeunes gens qui se destinent à l'industrie électrique, et qui possèdent déjà une instruction théorique suffisante, le moyen d'acquérir, par la pratique, la connaissance et l'usage des instruments et des machines.

École supérieure d'Électricité. — De création récente, l'École supérieure d'Électricité a pour but de donner aux ingénieurs les connaissances pratiques qu'exige l'emploi si étendu de l'électricité dans l'industrie (voir p. 40).

Les élèves ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École et satisfait aux examens de sortie reçoivent un diplôme de fin d'études.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République française,
Sur le Rapport du Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes;
Vu la demande formée par la Société internationale des Électriciens, à l'effet d'être reconnue comme établissement d'utilité publique;
Vu les statuts de cette Société, l'état de sa situation financière et les autres pièces produites à l'appui de sa demande;
Vu l'avis favorable du Comité des Travaux historiques et scientifiques (Section de Sciences);
Vu les avis favorables du Préfet de la Seine et du Vice-Recteur de l'Académie de Paris;
La Section de l'Intérieur, de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes du Conseil d'État entendue,

Décérète :

ART. 1^{er}. — La Société internationale des Électriciens est reconnue comme établissement d'utilité publique.

ART. 2. — Les statuts sont approuvés tels qu'ils sont ci-annexés. Aucune modification ne pourra y être apportée sans autorisation du Gouvernement.

ART. 3. — Le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 7 décembre 1886.

Signé : JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

*Le Ministre de l'Instruction publique,
des Beaux-Arts et des Cultes,*

Signé : RENÉ GOBLET.

Pour ampliation :

Le chef de bureau au Cabinet,

Signé : ROUJON.

STATUTS.

ART. 1^{er}. — La *Société internationale des Électriciens* a pour but :

1° De centraliser, pour leur étude et leur discussion, les renseignements et les documents concernant les progrès de l'Électricité;

2° De favoriser la vulgarisation et le développement de l'Électricité par tous les moyens. A cet effet, elle exerce son action par des réunions, des conférences, des publications, des dons en instruments ou en argent, aux personnes travaillant à des recherches ou entreprises scientifiques qu'elle aurait provoquées ou approuvées;

3° D'établir et d'entretenir des relations suivies et de solidarité entre les divers Membres, français ou étrangers, de la Société.

Le siège de la Société est à Paris.

ART. 2. — La Société s'interdit toute ingérence dans une entreprise industrielle ou commerciale quelconque.

ART. 3. — La Société se compose :

De *Membres titulaires*;

De *Membres fondateurs*,

De *Membres honoraires*.

Pour devenir Membre de la Société, il faut :

Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux Membres de la Société;
Être élu en séance, à la majorité des voix.

Les Sociétés et Compagnies scientifiques et industrielles peuvent, sur l'avis motivé du Comité, figurer parmi les Membres de la Société internationale des Électriciens. Elles sont alors représentées dans les actes de la Société par un délégué spécial.

Tout Membre ayant fait don à la Société d'une somme d'au moins 500^{fr} reçoit la qualité de Donateur.

Les Membres fondateurs sont ceux qui faisaient partie de la Société avant le 15 octobre 1883, et ceux qui étaient devenus donateurs avant le 15 octobre 1884.

Le titre de Membre honoraire est conféré comme un hommage et une distinction à des personnes ayant rendu à la Science, à l'Industrie ou à la Société en particulier des services éminents.

Les Membres honoraires sont nommés par l'Assemblée générale sur la proposition du Comité.

ART. 4. — Tous les Membres de la Société, sauf les Membres honoraires, payent une cotisation annuelle dont le minimum est fixé à vingt francs.

La cotisation peut être rachetée moyennant le versement d'une somme déterminée.

ART. 5. — La Société est administrée par un Comité formé du Bureau de la Société et de quarante-huit Membres, et élu par l'Assemblée générale.

Le Bureau de la Société se compose de :

Un Président;

Six Vice-Présidents;

Un Secrétaire général;

Six Secrétaires;

Un Trésorier.

Le Président préside les séances de la Société et celles du Comité; il est nommé pour une année et n'est point immédiatement rééligible.

Les Vice-Présidents et les Secrétaires sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont point immédiatement rééligibles.

Le Secrétaire général organise les séances et dirige les publications de la Société; il mandate les dépenses.

Le Trésorier opère les recettes, paye les dépenses, et a le dépôt des valeurs.

Le Secrétaire général et le Trésorier sont nommés pour deux ans; ils sont tous deux rééligibles.

Le Président et le Secrétaire général doivent être de nationalité française.

Les autres Membres du Comité sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont pas immédiatement rééligibles.

Les anciens Présidents font de droit partie du Comité.

Des Présidents d'honneur peuvent être créés en Assemblée générale sur la proposition du Comité.

ART. 6. — Le Comité veille à l'exécution des décisions de l'Assemblée générale, il a la gestion des fonds; il autorise et organise les conférences, les réunions techniques, les publications, et provoque, au besoin, la formation de Congrès scientifiques; il convoque les Membres de la Société en Assemblée générale extraordinaire, lorsqu'il le juge nécessaire.

Le Comité se réunit tous les trimestres et peut être convoqué en séance exceptionnelle, soit par le Président, soit sur la demande de dix de ses Membres.

La présence de quinze Membres du Comité est nécessaire pour assurer la validité des délibérations.

ART. 7. — Les délibérations relatives à l'acceptation des dons et legs, aux acquisitions et échanges d'immeubles sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 8. — Les délibérations relatives aux aliénations, constitutions d'hypothèques, baux à longs termes et emprunts, ne sont valables qu'après l'approbation de l'Assemblée générale.

ART. 9. — Le Trésorier représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile.

ART. 10. — Une Assemblée générale ordinaire des Membres de la Société a lieu, une fois par an, dans les conditions déterminées par le Règlement intérieur.

L'Assemblée générale est présidée par le Président ou l'un des Vice-Présidents.

Son ordre du jour est réglé par le Comité.

Elle entend le Rapport du Comité sur sa gestion; elle approuve les comptes de l'exercice clos sur le Rapport de trois Membres élus au scrutin, en dehors du Comité, et dans les formes prescrites au Règlement intérieur; elle pourvoit au renouvellement des Membres du Comité.

Tous les Membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leurs votes dans l'Assemblée générale, soit par correspondance.

ART. 11. — Les séances ordinaires de la Société ont lieu sur la convocation du Président.

Des sessions générales des Membres français et étrangers de la Société peuvent être provoquées et organisées par le Comité.

ART. 12. — Le fonds social de la Société internationale des Électriciens se compose .

- 1° Des sommes versées par les *donateurs* ;
- 2° Des sommes provenant des rachats des cotisations annuelles ;
- 3° Des dons et legs sans destination spéciale.

Les sommes composant le fonds social ne peuvent être employées qu'en immeubles, en rentes nominatives sur l'État français ou en obligations nominatives de chemins de fer français garantis par l'État.

Les fonds disponibles se composent :

- 1° Des intérêts de placement du fonds social, et du revenu des biens et valeurs de toute nature ;
- 2° Des cotisations annuelles ;
- 3° Des dons ou legs faits à la Société pour un objet immédiat et déterminé ;
- 4° Des subventions qui pourraient lui être accordées ;
- 5° Du produit des ressources exceptionnelles provenant des Conférences, des vérifications d'instruments, etc.

Les dons ou legs ne peuvent être acceptés par la Société qu'après autorisation du Gouvernement.

ART. 13. — Les Statuts de la Société ne peuvent être modifiés que par décision d'une Assemblée générale extraordinaire, sur une question motivée, signée par vingt-cinq Membres et préalablement soumise au Comité.

L'Assemblée générale extraordinaire, convoquée à cet effet à un mois de date, devra réunir cent Membres au moins présents ou représentés. Si l'Assemblée ne réunit pas cent Membres, une nouvelle convocation est faite à un mois de date, et le vote est alors valable, quel que soit le nombre des Membres présents ou représentés.

Les décisions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 14. — La question de dissolution ne pourra être soulevée que par une demande motivée portant la signature de cinquante Membres au moins. Cette demande sera soumise au Comité qui en fera l'objet d'un rapport à une Assemblée générale extraordinaire convoquée spécialement à cet effet.

Les résolutions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 15. — En cas de dissolution, l'actif de la Société est attribué, par délibération de l'Assemblée générale, approuvée par le Gouvernement, à un ou plusieurs établissements analogues et reconnus d'utilité publique. Les clauses stipulées par les donateurs, en prévision de ce cas, devront être respectées.

ART. 16. — Un Règlement intérieur, préparé par le Comité, adopté par l'Assemblée générale et dûment approuvé, détermine les conditions de détail propres à assurer l'exécution des présents Statuts.



RÈGLEMENT INTÉRIEUR D'ADMINISTRATION.

I. — Cotisations.

1. La cotisation annuelle est de 20 francs (art. 4 des Statuts).
2. Elle est due par tous les membres, sauf les membres honoraires.
3. Le paiement de la première cotisation doit être effectué par chaque membre nouveau, immédiatement après son admission. La cotisation de l'année en cours est due, quelle que soit la date de l'admission.
4. Le paiement des cotisations suivantes devra être effectué du 1^{er} janvier au 30 juin.
5. Les quittances seront détachées d'un registre à souche et signées du trésorier.
6. En cas de non-paiement d'une cotisation échue et réclamée, l'envoi des publications est suspendu.
7. Tout membre en retard de deux années pour le paiement de ses cotisations sera, après un dernier avertissement, considéré comme ne faisant plus partie de la Société.
8. Toute démission donnée ne sera valable qu'après acquittement des cotisations dues; sinon la radiation sera prononcée.
9. Les membres peuvent se libérer de toute cotisation moyennant le paiement d'une somme de 250 francs, effectué soit en un versement, soit en deux de 125 francs chacun et à un intervalle de moins de douze mois.

II. — Elections.

10. Les élections pour le renouvellement du Bureau et du Comité ont lieu tous les ans, lors de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire.
11. Tous les membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leur vote, soit par correspondance.
12. Les votes par correspondance devront être parvenus au siège de la Société la veille, au plus tard, de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire. Le bulletin de vote devra être fermé et accompagné d'une lettre d'envoi signée de l'expéditeur et adressée au président de la Société.
13. Les bulletins détachés des lettres d'envoi seront joints aux bulletins déposés directement par les membres présents à l'Assemblée générale. Le dépouillement aura lieu séance tenante, sous la surveillance de deux membres du Bureau. Le résultat sera proclamé immédiatement.
14. Le Comité se réunit en temps utile pour discuter les titres des candidats et fait connaître les noms qu'il propose au choix de la Société dans la réunion mensuelle qui précède l'Assemblée générale.

15. Le président, le secrétaire général et le trésorier ne peuvent être pris que parmi les membres nationaux ayant leur résidence à Paris.

III. — Assemblées générales.

16. L'Assemblée générale ordinaire a lieu tous les ans, au mois de mars ou d'avril.

17. L'Assemblée générale procède à l'élection des membres du Bureau, du Comité et de la Commission des comptes. Le Président est nommé une année à l'avance; il prend part aux travaux du Bureau en fonction.

Elle entend le Rapport fait, au nom du Comité, sur la gestion de l'année;

Elle entend le Rapport de la Commission des comptes et approuve les comptes de l'année;

Elle vote sur les questions d'intérêt général ou de règlement intérieur portées à son ordre du jour.

18. Les décisions sont prises à la majorité relative; en cas de partage des voix, la voix du président est prépondérante.

19. L'ordre du jour de l'Assemblée générale est arrêté par le Comité. Aucune question en dehors de cet ordre du jour ne peut être introduite devant l'Assemblée générale.

20. Les membres de la Société qui désireraient faire porter une proposition à l'ordre du jour de l'Assemblée générale doivent en envoyer le texte, avant le 1^{er} mars, au président, qui en donne communication au Comité.

21. Les Rapports du Comité d'administration, de la Commission des comptes, ainsi que l'ordre du jour de l'Assemblée générale arrêté par le Comité, sont déposés au secrétariat dix jours au moins avant la réunion de l'Assemblée générale, à la disposition de tous les membres qui désireraient en prendre connaissance.

22. Une Assemblée générale extraordinaire peut être convoquée par le Comité toutes les fois qu'il le juge nécessaire.

L'Assemblée générale extraordinaire est convoquée dans la même forme et délibère sous les mêmes conditions que l'Assemblée générale ordinaire, conditions réglées par les articles 10 et 13 des Statuts et l'article 19 du présent Règlement.

IV. — Comité.

23. Les attributions du Comité sont réglées par l'article 6 des Statuts.

24. Les procès-verbaux des séances du Comité sont transcrits sur un registre spécial folioté. Après son adoption, chaque procès-verbal est revêtu de la signature du président et du secrétaire-rédacteur.

25. L'ordre du jour des séances du Comité est indiqué dans les lettres de convocation.

V. — Bureau.

26. Le président préside toutes les réunions de la Société et du Comité.

Il est président de droit de toutes les Commissions.

27. Le secrétaire général organise les séances de la Société, prépare les travaux du Comité, dirige les publications. Les dépenses sont mandatées par lui. Il a sous ses ordres, par délégation du président, les agents rétribués de la Société.

28. Le Trésorier est l'agent délégué du Comité d'administration pour la gestion financière.

Il effectue les recettes et dépenses, les mouvements de fonds, achats et ventes de titres et représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile, le tout en se conformant aux décisions prises par le Comité.

Lorsqu'il est, pour une cause quelconque, empêché de remplir ses fonctions, le Comité désigne un Trésorier suppléant qui est chargé du service jusqu'à la réunion de l'Assemblée générale ordinaire.

29. Le Comité nomme un secrétaire pris hors de son sein et appointé.

Le secrétaire du Comité rédige les procès-verbaux de l'Assemblée générale, des réunions mensuelles du Comité et des Commissions et veille à la transcription, sur les registres spéciaux, des procès-verbaux approuvés.

Il a la garde des archives et de la bibliothèque.

Il surveille les impressions, l'envoi des convocations, la distribution des bulletins.

Il prête son concours au trésorier pour la perception des cotisations et le paiement des factures, des loyers et des traitements.

VI. — Réunions ordinaires.

30. Les réunions ordinaires ont lieu le premier mercredi de chaque mois, les mois d'août, de septembre et d'octobre exceptés.

Elles sont principalement consacrées aux Communications relatives à l'Électricité, présentées soit par des membres de la Société, soit par des personnes étrangères autorisées.

L'ordre du jour de la séance est réglé par le Bureau.

31. Il y est voté à mains levées sur l'admission des membres nouveaux.

32. Le président y rend compte des travaux et des décisions du Comité, et, en général, de toutes les questions pouvant intéresser la Société.

33. Tout membre désirant faire une proposition doit en remettre le texte par écrit au président, autant que possible avant la séance.

Si, de l'avis du Bureau, la motion est de nature à engager la responsabilité morale ou financière de la Société, elle est renvoyée de droit au Comité sans qu'elle puisse donner lieu à une discussion dans la réunion.

VII. — Bulletin.

34. Un Bulletin, mensuel, rend compte des travaux de la Société et donne un résumé des Communications faites en séance.

Le Bureau prononce sur l'admission de ces résumés et sur l'étendue qui peut leur être accordée.

35. Le Bulletin est envoyé gratuitement à tous les membres.

36. Des abonnements peuvent être consentis à un prix fixé par le Comité.

37. Les échanges de publications doivent être autorisés par le Comité.

VIII. — Laboratoire central d'Électricité.

38. Le Laboratoire central d'Électricité a pour objet de :

- 1° Réunir et conserver une série d'étalons de toutes les grandeurs électriques;
- 2° Former une bibliothèque aussi complète que possible des ouvrages français et étrangers traitant d'Électricité;
- 3° Étalonner des appareils de mesure appartenant à des tiers;

4° Déterminer les constantes d'appareils électriques industriels : piles, accumulateurs, dynamos, brûleurs, etc.;

5° Étudier des appareils nouveaux ou des méthodes nouvelles ayant trait à l'Électricité;

6° Faciliter des études et des recherches personnelles sur le même sujet.

39. Le Laboratoire est administré, conformément aux traités passés avec l'État et la Ville de Paris, par une Commission composée du Bureau, des anciens présidents de la Société, du président du Syndicat des industries électriques et d'un Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris. Cette Commission se réunit périodiquement au Laboratoire et au moins quatre fois par an.

40. Un électricien est chargé de la direction du Laboratoire; il lui est adjoint le personnel reconnu nécessaire. Le directeur assiste, avec voix consultative, aux séances de la Commission administrative.

41. Les travaux effectués au Laboratoire pour des tiers donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif des redevances est arrêté par la Commission.

Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration du Laboratoire.

42. Le directeur soumet à l'approbation de la Commission les projets d'études ou d'expériences à entreprendre en dehors des travaux visés à l'article précédent.

43. Le Laboratoire est ouvert, après autorisation de la Commission, aux personnes qui désirent effectuer elles-mêmes des recherches concernant l'Électricité ou le Magnétisme. En cas d'admission au Laboratoire, l'intéressé versera mensuellement une redevance fixe, et il remboursera à la Société tous les frais entraînés par ses recherches.

44. Des élèves sont admis au Laboratoire pour un temps déterminé, en vue de s'exercer au maniement des appareils électriques.

Le nombre des élèves, les conditions de leur admission et la durée de leur séjour seront fixés par la Commission.

45. La bibliothèque est confiée au directeur du Laboratoire. Les livres doivent être consultés sur place et ne peuvent, en aucun cas, sortir du Laboratoire.

46. Les ressources du Laboratoire se composent :

1° De la rente provenant du reliquat de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881;

2° Des dons qui sont faits à la Société avec affectation spéciale au Laboratoire;

3° Des recettes qu'il effectue;

4° Du crédit ouvert chaque année par la Société.

47. La Commission présente chaque année au Comité d'administration de la Société un compte rendu des travaux et des finances du Laboratoire avec un inventaire du matériel.

48. Toutes les conditions d'ordre intérieur du Laboratoire, arrêtées par la Commission, seront publiées au *Bulletin* de la Société, affichées au siège social et au Laboratoire, et communiquées à toutes les personnes qui en feront la demande.



LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

I. — DÉCRET, CONVENTION ET ACTES DIVERS RELATIFS AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République,

Vu le Décret du 24 février 1882, instituant à Paris un Laboratoire central d'Électricité sous la haute direction du Ministre des Postes et des Télégraphes;

Vu les Décrets des 12 juillet et 17 août 1886 réglant l'emploi des fonds affectés à l'installation et à l'entretien de cet établissement;

Vu la Convention conclue pour l'organisation et l'entretien dudit Laboratoire avec la Société internationale des Électriciens reconnue d'utilité publique par le Décret du 7 décembre 1886;

Vu la lettre en date du 13 février 1891 par laquelle le Ministre des Finances adhère à cette Convention;

Sur la proposition du Ministre du Commerce et de l'Industrie,

DÉCRÈTE :

ART. 1. — Est approuvée la Convention susvisée dont un exemplaire restera annexé au présent Décret et qui fixe les conditions d'organisation et d'entretien du Laboratoire central d'Électricité institué à Paris par Décret du 23 février 1882.

ART. 2. — Les arrérages de la rente de 10933^{fr}, inscrite au bénéfice du Laboratoire central d'Électricité, en vertu du Décret du 17 août 1886, seront versés directement par la Caisse des Dépôts et Consignations à titre de subvention, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, après déduction des prélèvements à opérer par application de l'article 8 de la Convention et sur le vu d'un certificat du Directeur général des Postes et des Télégraphes, ou de son représentant, constatant que ladite Société a rempli ses engagements en ce qui concerne le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

ART. 3. — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens ferait agréer un nouvel emplacement propre à l'installation du Laboratoire

et dont la jouissance lui serait garantie pour une durée suffisante, le Ministre du Commerce et de l'Industrie pourrait, de concert avec le Ministre des Finances, autoriser l'aliénation d'une partie de la rente mentionnée à l'article précédent, jusqu'à concurrence d'un capital de 100000^{fr} au plus et faire verser ce capital à la Société, soit en totalité, soit par fractions, au fur et à mesure des besoins, pour être employé à la réinstallation du Laboratoire. La subvention annuelle de 10933^{fr} serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

ART. 4. — L'inventaire du matériel et des instruments laissés à la disposition de la Société, en vertu de l'article 6 de la Convention, sera soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministères.

ART. 5. — Le Ministre du Commerce et de l'Industrie est chargé de l'exécution du présent Décret.

Fait à Paris, le 15 mars 1892

CARNOT.

Par le Président de la République :

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,

JULES ROCHE.

CONVENTION.

Entre le Directeur général des Postes et des Télégraphes, agissant au nom de l'État, sous réserve de l'approbation du Ministre du Commerce, de l'Industrie et Colonies, d'une part ;

Et le Président de la Société internationale des Électriciens, agissant au nom de cette Société, reconnue d'utilité publique par Décret du 7 décembre 1886, sous réserve de l'approbation du Comité d'Administration, d'autre part ;

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE 1.

L'État accepte l'offre faite par la Société internationale des Électriciens d'organiser et d'entretenir le Laboratoire central d'Électricité qui a été institué à Paris, sous la haute direction du Ministre chargé du Service des Postes et des Télégraphes, par décret du 24 février 1882.

La Société se conformera pour l'organisation et l'entretien de cet établissement aux dispositions ci-après :

ARTICLE 2.

Règlement et tarifs. — Le règlement du Laboratoire et toutes les modifications qui y seraient apportées seront soumis avant exécution à l'approbation du Ministre.

Le tarif applicable aux services rendus au public ou aux essais faits pour

le compte des industriels est le même pour tous sans distinction ni préférence. Toutefois des réductions peuvent être consenties en faveur des divers services publics ou municipaux et des établissements ou institutions scientifiques, reconnus d'utilité publique.

Le mode de contrôle des opérations du Laboratoire est fixé par arrêté ministériel, le Comité d'Administration de la Société entendu.

ARTICLE 3.

Local et installation. — Le local affecté à l'établissement du Laboratoire est, par les soins et aux frais de la Société internationale des Électriciens, fourni ou loué, aménagé et pourvu de tous instruments nécessaires pour le fonctionnement du service.

En cas de déplacement du Laboratoire, le nouveau local choisi par la Société doit être agréé par le Ministre.

ARTICLE 4.

Désignation du chef du Laboratoire. — Le chef du Laboratoire est choisi par le Ministre pour une période de cinq ans, après entente avec la Société internationale des Électriciens. Il doit être de nationalité française.

ARTICLE 5.

Subvention. — L'État concède à la Société, à titre de subvention et pour être exclusivement affectés au fonctionnement et à l'entretien du Laboratoire central d'Électricité, les arrérages, montant annuellement à dix mille neuf cent trente-trois francs, de l'inscription de rente 3 pour 100 acquise le 30 septembre 1886, en vertu du décret du 17 août précédent, avec le reliquat du capital provenant de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881 et cédé par la Société de garantie.

Cette subvention sera versée directement par la Caisse des Dépôts et Consignations, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, sur le vu d'un certificat du Directeur général ou de son représentant, constatant qu'elle a rempli ses engagements concernant le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

ARTICLE 6.

Cession d'instruments. — La Société conserve, pour le service du Laboratoire, l'usage des objets de toute nature (meublier, instruments, etc.), dont dispose déjà cet établissement, soit qu'ils lui aient été confiés par l'Administration à titre de prêt, soit qu'ils aient été achetés avec la somme de trente mille francs que le décret du 12 juillet 1886 a autorisé à prélever sur les bénéfices de l'Exposition de 1881, ou avec les crédits inscrits au budget de la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Un inventaire de ces objets sera régulièrement établi par le chef du Laboratoire.

boratoire, de concert avec un agent de l'Administration des Postes et des Télégraphes. Il sera révisé annuellement et soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministres.

ARTICLE 7.

Produits du Laboratoire. — Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration de l'Établissement.

ARTICLE 8.

Paiement des dépenses. — En échange des avantages que lui assurent les articles précédents, la Société internationale des Électriciens s'engage à pourvoir directement à toutes les dépenses (administration, personnel et entretien) du Laboratoire.

Dans le cas où le chef du Laboratoire serait un agent de l'Administration, son traitement serait prélevé, jusqu'à concurrence de quatre mille francs au plus, sur la subvention mentionnée à l'art. 5.

ARTICLE 9.

Budget et dispositions particulières. — Le budget du Laboratoire est soumis chaque année au Directeur général des Postes et des Télégraphes avant l'ouverture de l'exercice financier.

Un compte rendu des recettes et des dépenses et un relevé statistique des opérations du Laboratoire sont présentés au mois d'avril de chaque année pour l'année précédente.

Les publications ou rapports imprimés concernant le Laboratoire sont remis gratuitement en deux exemplaires à la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Le Directeur général a la faculté, à toute époque, lorsqu'il le juge convenable, de détacher au Laboratoire, pour compléter leur instruction ou faire des essais, des ingénieurs ou des élèves de ce service qui peuvent suivre les opérations du Laboratoire ou y prendre part sans avoir à payer aucune rétribution.

ARTICLE 10.

Déplacement éventuel du Laboratoire. — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens obtiendrait de la Ville de Paris ou de tout autre la concession, pour une durée suffisante, d'un terrain ou d'un local propre à l'établissement du Laboratoire central d'Électricité, et agréé par le Ministre, une partie de la rente sur l'État mentionnée à l'art. 5 pourrait être, avec l'autorisation du Ministre, aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de cent mille francs, et ce capital pourrait être employé, soit en totalité, soit par fractions, et successivement, au fur et à mesure des besoins, avec l'autorisation du Ministre, à la réinstallation du Laboratoire et au paye-

ment des constructions à élever ou des travaux d'appropriation à exécuter sur le terrain ou dans le local cédé. La subvention annuelle serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

ARTICLE 11.

Cas de résiliation. — Si la Société internationale des Électriciens venait à se dissoudre ou si elle renonçait à la présente Convention, ou encore si elle cessait d'en remplir les conditions, elle serait tenue de rembourser à l'État les sommes qu'elle aurait été autorisée, par application de l'art. 10, à prélever en capital sur le produit net de l'Exposition, déduction faite de 5 pour 100 pour chacune des années écoulées à dater du paiement effectif des différentes parties du capital.

Dans les cas prévus au précédent paragraphe, la présente Convention serait résiliée de plein droit, la subvention cesserait d'être payée et l'État reprendrait le matériel et les instruments dont il a été question à l'art. 6 et tous ceux qui auraient été achetés postérieurement avec ses propres ressources.

ARTICLE 12.

La présente Convention ne sera valable et définitive que lorsqu'elle aura été approuvée par décret du Président de la République.

Fait double à Paris, le 18 novembre 1891.

*Le Directeur général
des Postes et des Télégraphes,*

J. DE SELVES.

*Le Président de la Société internationale
des Électriciens,*

J. JOUBERT.

Approuvé :

Paris, le 15 mars 1892.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,

J. ROCHE.

Délibération du Conseil municipal de la Ville de Paris,
en date du 5 mai 1890.

Le Conseil,

Vu le Mémoire transmis à la septième Commission, le 27 octobre 1886,
par M. le Préfet de la Seine;

Vu la nouvelle pétition adressée au Conseil municipal, le 10 mars 1888,

par M. Mascart, membre de l'Institut, président de la Société internationale des Électriciens, et transmise à la deuxième Commission :

Vu la lettre de M. le Ministre des Postes et des Télégraphes ;

Vu le plan de terrain et l'organisation projetée du Laboratoire d'Électricité ;

Délibère :

ART. 1. — Il y a lieu de concéder à la Société internationale des Électriciens, pour la construction d'un Laboratoire, un terrain dépendant de l'ancien collège Rollin, sis rue Lhomond et d'une contenance de 2715^mq.

Ladite concession aura une durée de soixante années et sera assujettie aux clauses et conditions stipulées ci-après.

ART. 2. — La Société internationale des Électriciens payera une redevance annuelle de 1^{re} comme reconnaissance des droits de la Ville.

ART. 3. — La Société devra soumettre à l'Administration municipale les plans et devis des constructions à élever, et exécuter toutes les modifications qui lui seraient prescrites par cette Administration dans l'intérêt général.

Ladite Société devra éviter, dans les expériences poursuivies, l'emploi de moteurs bruyants de nature à incommoder les maisons voisines. Elle fera son affaire personnelle de toutes les difficultés et constatations que pourrait soulever l'installation du Laboratoire.

ART. 4. — A l'expiration des soixante années, toutes les constructions, ainsi que les aménagements intérieurs ayant le caractère d'immeubles par destination, deviendront, sans indemnité, la propriété de la Ville de Paris.

Il en serait de même si, avant la fin de la concession, la Société renonçait, pour un motif quelconque, à l'entretien du Laboratoire ; elle devrait, en outre, dans ce cas, prévenir la Ville de Paris deux ans à l'avance.

ART. 5. — Les essais et les étalonnements demandés par la ville de Paris pour son service seront faits gratuitement par le Laboratoire.

ART. 6. — La Société réservera gratuitement deux bourses à la Ville de Paris en faveur d'élèves électriciens désignés par elle pour se livrer à des études pratiques dans les conditions du règlement du Laboratoire.

ART. 7. — Un délégué du Conseil municipal fera partie du Comité de direction du Laboratoire.

ART. 8. — M. le Préfet de la Seine est autorisé à traiter aux conditions ci-dessus avec la Société internationale des Électriciens.

**Délibération du Conseil municipal de la Ville de Paris,
en date du 13 avril 1892.**

Échange avec la Société internationale des Électriciens d'un terrain dépendant du collège Rollin contre un immeuble communal, rue de Staël (M. Lampué, rapporteur).

Le Conseil,

Vu le Mémoire en date du 11 avril 1892, par lequel M. le Préfet de la Seine lui soumet une demande de M. Joubert, Président de la Société internationale des Électriciens, tendant à obtenir l'autorisation d'échanger le terrain de 2715^m compris dans les dépendances de l'ancien collège Rollin, et concédé à ladite Société, contre un immeuble communal situé rue de Staël, d'une contenance de 1500^m environ;

Vu la délibération du Conseil municipal, en date du 4 avril 1890, accordant à la Société internationale des Électriciens la concession précitée;

Vu la demande du 2 avril 1892, présentée par M. Joubert, Président de ladite Société,

Délibère :

ART. 1. — Est acceptée la demande de la Société internationale des Électriciens tendant à obtenir l'autorisation d'échanger le terrain de 2715^m compris dans les dépendances de l'ancien collège Rollin, qui lui a été concédé pour la construction d'un Laboratoire, contre un terrain communal de 1500^m environ, situé rue de Staël (XV^e arrondissement).

ART. 2. — La Société internationale des Électriciens entrera en possession immédiate du terrain de la rue de Staël, qui lui est concédé pour une durée de soixante années, aux clauses et conditions contenues dans la délibération du 4 avril 1890, autorisant la concession à ladite Société du terrain dépendant de l'ancien collège Rollin.

ART. 3. — Il demeure entendu que les accroissements immobiliers pouvant être opérés par la Société internationale des Électriciens pour la régularisation du périmètre de la propriété communale feront retour à la Ville de Paris, sans indemnité, lors de l'expiration de la concession, en même temps que les constructions et les aménagements intérieurs mentionnés dans l'article 4 de la délibération du 4 avril 1890.

ART. 4. — L'Administration est invitée à présenter au Conseil municipal

un plan de lotissement des terrains dépendant de l'ancien collège Rollin, et qui demeureront libres après la translation de l'École Estienne.

(*Bulletin municipal officiel de la Ville de Paris*, n° 105; 17 avril 1892.)

Acte de réalisation.

L'an mil huit cent quatre-vingt-quatorze;

Le quatorze mars;

Par devant nous, Eugène-René Poubelle, Préfet du département de la Seine, Commandeur de la Légion d'honneur, Officier de l'Instruction publique, décoré de la Médaille militaire,

Agissant au nom de la Ville de Paris, en exécution de deux délibérations du Conseil municipal de ladite Ville, en date des 13 avril 1892 et 12 décembre suivant, et de deux arrêtés approubatifs de ces délibérations pris en Conseil de Préfecture les 23 mai 1892 et 26 janvier 1893.

A comparu

M. Jules Carpentier, Chevalier de la Légion d'honneur, ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, Président sortant de la Société internationale des Électriciens, reconnue d'utilité publique, dont le siège est à Paris, rue de Rennes, 44;

Agissant au nom de ladite Société et comme spécialement autorisé à cet effet par délibération du Conseil d'Administration en date du 15 juin 1892;

Lequel, préalablement à la concession, objet des présentes, a exposé ce qui suit :

EXPOSÉ.

Par une délibération du 4 avril 1890, le Conseil municipal avait autorisé la concession pour une durée de soixante années, à la Société internationale des Électriciens pour y construire un Laboratoire, d'un terrain dépendant de l'ancien Collège Rollin, contenant en superficie 2 715^m et dont la remise ne devait être faite qu'après l'évacuation des localités occupées par l'École Estienne.

En échange des avantages qui lui étaient accordés, la Société internationale des Électriciens s'engageait notamment à :

1° Payer une redevance annuelle de un franc comme reconnaissance des droits de propriété de la Ville de Paris;

2° Abandonner à ladite Ville sans indemnité, à l'expiration de la concession ou avant cette époque si elle renonçait à l'entretien du Laboratoire, toutes les constructions édifiées sur l'emplacement concédé ainsi que les aménagements intérieurs ayant le caractère d'immeuble par destination.

3° Faire gratuitement les essais et étalonnements demandés par la Ville pour son service;

4° Mettre gratuitement deux bourses à la disposition de la Ville de Paris, en faveur d'élèves électriciens désignés par elle pour se livrer à des études pratiques dans les conditions du règlement du Laboratoire.

5° Admettre un délégué du Conseil municipal pour faire partie du Comité de Direction de ce Laboratoire.

Cette délibération n'étant susceptible d'être mise à exécution qu'après l'évacuation des locaux occupés par l'École Estienne, la concession accordée par le Conseil municipal n'avait pas encore pu être réalisée lorsque, par une lettre du 2 avril 1892, la Société internationale des Électriciens exposa que le développement croissant des travaux du Laboratoire l'obligeait à sortir de l'état provisoire où elle était restée jusque-là. En conséquence, elle demandait à l'Administration municipale l'autorisation d'échanger, pour la même période et aux mêmes conditions, l'immeuble primitivement concédé contre un terrain nu appartenant aussi à la Ville de Paris et situé rue de Staël, derrière le Lycée Buffon.

Cette proposition a été acceptée par la délibération du Conseil municipal du 13 avril 1892.

Mais, par une nouvelle lettre du 22 octobre 1892, la Société des Électriciens appela l'attention de l'Administration sur l'intérêt que présentait, pour ladite Société, l'échange d'une partie du terrain ainsi mis à sa disposition, rue de Staël, contre une surface égale de la propriété contiguë appartenant à M. Pannier. Au moyen de cet échange, la forme du terrain communal devait se trouver régularisée et permettre l'édification d'une importante construction en façade sur deux rues. Toutefois, comme le terrain à céder par M. Pannier en bordure de la rue Nouvelle ne représentait pas une valeur égale à celle du terrain communal et que, néanmoins, M. Pannier entendait que l'échange eût lieu sans soulte ni retour, la Société internationale des Électriciens, en vue de faciliter l'opération, offrait de verser à la Ville de Paris une somme de 5 000^{fr} payable en cinq annuités de 1 000^{fr} chacune, dont la première exigible dans cinq ans seulement et sans intérêts.

Cette proposition a été acceptée par le Conseil municipal, suivant délibération du 12 décembre 1892 qui a été approuvée par arrêté préfectoral du 26 janvier 1893.

L'échange avec M. Pannier a été réalisé suivant contrat passé devant M^e Delorme, notaire, les 24 octobre et 7 novembre 1893, enregistré.

Par suite, il ne reste plus qu'à réaliser les conventions projetées avec la Société internationale des Électriciens, ce qui a été fait de la manière et ainsi qu'il suit :

ART. 1^{er}. — La concession consentie par délibération du Conseil municipal de Paris du 4 mai 1890, à la Société internationale des Électriciens, en vue de la construction d'un Laboratoire, pour une durée de soixante

années et aux clauses et conditions stipulées, dans ladite délibération, d'un terrain communal dépendant de l'ancien Collège Rollin, rue Lhomond, et d'une contenance superficielle de 2715^m, est et demeure annulée.

ART. 2. -- M. le Préfet de la Seine, au nom de la Ville de Paris, concède, par ces présentes, à la Société internationale des Électriciens dont le siège est à Paris, rue de Rennes, 44, ce qui est accepté pour ladite Société par M. Jules Carpentier, son Président sortant :

Un terrain communal sis rue de Staël et rue Nouvelle (actuellement rue Ernest-Renan), XV^e arrondissement; ledit terrain d'une surface de 1475^m environ tient : par devant sur une longueur de 60^m à la rue de Staël, d'un côté, à droite la Ville de Paris et à la propriété de M. Fouquiau, acquéreur de M. Pannier; d'autre côté, à gauche, à M. Pannier, et, par derrière, à la rue Nouvelle sur une façade de 56^m, 97.

Ainsi, au surplus, que ledit terrain s'étend, poursuit et comporte et tel qu'il est figuré et teinté en violet sur un plan dressé à la Préfecture de la Seine; lequel plan sera timbré et enregistré en même temps que les présentes et demeurera ci-annexé, après avoir été certifié véritable par les parties qui, dessus, ont fait mention de cet annexe.

ART. 3. -- La présente concession est faite pour une durée de soixante années entières et consécutives, qui commenceront à courir le 4 juin 1892 et prendront fin le 3 juin 1952.

ART. 4. -- Pendant toute la durée de ladite concession, la Société internationale des Électriciens payera à la Caisse municipale une redevance annuelle de 1^{fr}, comme reconnaissance des droits de propriété de la Ville de Paris.

En outre, elle s'oblige à verser à ladite Ville une somme de 5000^{fr} payable en cinq annuités de 1000^{fr} chacune, sans aucun intérêt. La première annuité sera exigible seulement à l'expiration des cinq ans qui suivront la date de la délibération du Conseil municipal qui a accepté l'offre de la Société internationale des Électriciens, c'est-à-dire le 12 décembre 1897, la seconde le 12 décembre 1898, et ainsi de suite d'année en année jusqu'au 12 décembre 1901.

ART. 5. -- La Société s'oblige à maintenir sur ce terrain le Laboratoire central d'Électricité qu'elle y a fait édifier. Elle soumettra à l'Administration municipale les plans et devis des changements aux constructions existantes ou des constructions nouvelles, et elle exécutera à ses frais toutes les modifications qui lui seraient prescrites par l'Administration dans l'intérêt général.

Ladite Société devra éviter, dans les expériences poursuivies, d'incommoder les habitants des maisons voisines. Elle fera son affaire personnelle des difficultés et contestations que pourrait soulever l'installation du Laboratoire.

ART. 6. — A l'expiration des soixante années fixées pour la durée de la concession, les accroissements immobiliers pouvant être opérés par la Société pour la régularisation et l'agrandissement du périmètre de la propriété communale, ensemble toutes les constructions édifiées sur le terrain sus-désigné, ainsi que les aménagements intérieurs ayant le caractère d'immeubles par destination, deviendront, *ipso facto*, sans indemnité, la propriété de la Ville de Paris.

Il en sera de même si, avant la fin de la concession, la Société renonce, pour un motif quelconque, à l'entretien du Laboratoire ; elle s'engage, en outre, dans ce cas, à prévenir la Ville deux ans à l'avance.

ART. 7. — La Société devra faire assurer contre l'incendie, par une ou plusieurs Compagnies agréées par l'Administration, l'immeuble et ses dépendances. Elle devra justifier de la présente clause en communiquant, à toute réquisition, les quittances de la Compagnie.

L'assurance devra porter non seulement sur les incendies ordinaires, mais encore sur tous autres genres de risques, avec ou sans incendie, notamment les dégâts à provenir des atteintes de la foudre ou de l'explosion soit du gaz, soit de toute autre matière inflammable.

ART. 8. — Les essais et les étalonnements demandés par la Ville de Paris, pour son service, seront faits gratuitement par le Laboratoire.

ART. 9. — La Société réservera, gratuitement, deux bourses à la Ville de Paris, en faveur d'élèves électriciens désignés par elle pour se livrer à des études pratiques dans les conditions du règlement du Laboratoire.

ART. 10. — Un délégué du Conseil municipal fera partie du Comité de direction du Laboratoire.

ART. 11. — Indépendamment des conditions particulières précitées, la Société s'oblige à entretenir en bon état les bâtiments qu'elle aura établis ; elle les fera reconstruire s'ils venaient à être détruits ou si la solidité en était compromise par une cause quelconque.

ART. 12. — La Société ne pourra céder, sous aucun prétexte, tout ou partie des droits qui résultent pour elle du présent acte, ni changer la destination de l'immeuble concédé.

ART. 13. — En cas d'inexécution, par la Société, des clauses et conditions de la présente concession et quinze jours après une mise en demeure restée infructueuse, la résiliation sera encourue et déclarée par un arrêté préfectoral. Les constructions, aménagements intérieurs et accroissements immobiliers indiqués à l'art. 6, demeureront, *ipso facto*, sans indemnité, la propriété de la Ville.

ART. 14. — La Société internationale des Électriciens payera tous les frais auxquels le présent acte donnera ouverture et supportera les impôts de toutes sortes (y compris la taxe de main-morte et celle du balayage) éta-

blis ou à établir, afférents à la propriété du sol ou à celles des constructions.

Dont acte.

Fait et passé à Paris, à la Préfecture de la Seine,

Les jour, mois et an susdits;

Et a, le comparant signé avec nous, Préfet de la Seine, après lecture.

Signé : POUBELLE.

Signé : J. CARPENTIER.

« Enregistré à Paris, bureau des Actes administratifs, le dix-neuf
mars 1894, folio 89, c. 9. Reçu huit francs 15^{ces}, décimes compris, pour
trois ans.

» *Signé : GOUMAUX. »*

Pour copie conforme :

Pour le Secrétaire général,

Le Conseiller de Préfecture délégué,

(Illisible).

II. — RÈGLEMENT DE CONTROLE.

ARTICLE 1^{er}.

Le contrôle des opérations du Laboratoire est effectué par les fonctionnaires désignés par le Directeur général des Postes et des Télégraphes. Il s'exerce sur place et au siège de la Société internationale des Électriciens, sur le vu des registres et pièces de recettes et de dépenses.

ARTICLE 2.

Les livres-journaux et les relevés mensuels sont arrêtés par semestre. Il en est fait un extrait qui est remis à l'Administration des Postes et Télégraphes ou à son délégué.

ARTICLE 3.

Les délégués de l'Administration ont pour mission de donner leur avis sur le budget et les projets soumis à l'approbation du Ministre et du Directeur général des Postes et Télégraphes, de veiller à la stricte application des tarifs et des décisions concernant les dépenses, de s'assurer que tous les produits du Laboratoire sont affectés à l'entretien et à l'amélioration des services de l'établissement, et que toutes les prescriptions de la Convention conclue entre le Ministre du Commerce et de l'Industrie et la Société internationale des Électriciens et du Règlement intérieur du Laboratoire sont observées.

En cas d'infraction, ils en rendent compte au Directeur général des Postes et Télégraphes.

Ils peuvent en tous temps vérifier la régularité des recettes et des dépenses, et pénétrer dans le Laboratoire, pour examiner la nature des travaux exécutés ou en cours d'exécution.

Ils peuvent provoquer, dans le Règlement intérieur et dans la comptabilité, les modifications et additions qu'ils auraient reconnues nécessaires.

Ces fonctionnaires ne communiquent qu'avec la Commission administrative ou le Directeur et n'ont aucune autorité sur le personnel du Laboratoire.

Ils adressent leurs Rapports au Directeur général des Postes et Télégraphes et établissent trimestriellement les certificats exigés pour les paiements de la subvention de l'État.

III. — RÈGLEMENT INTÉRIEUR.

Administration.

ART. 1. — Le Laboratoire central d'électricité est administré par une Commission composée du Bureau de la Société internationale des Électriciens, des anciens présidents de cette Société, du Président du Syndicat des industries électriques et d'un délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

La Commission administrative nomme chaque année, à la première séance annuelle, un Président pris dans son sein et un Secrétaire pris parmi les Membres de la Société.

Ses séances sont présidées par le Président de la Société, lorsqu'il est présent.

La Commission est convoquée par son Président qui dresse l'ordre du jour et agit, soit de sa propre initiative, soit sur l'invitation du Président de la Société.

Les procès-verbaux des séances sont copiés sur un registre et signés par le Président et le Secrétaire.

Direction.

ART. 2. — Le Directeur a sous ses ordres tout le personnel attaché au Laboratoire. Il exécute sous sa responsabilité toutes les décisions prises par la Commission administrative.

Il présente, à chaque réunion de la Commission, un rapport sur les travaux effectués depuis la séance précédente et sur l'état des expériences, essais et recherches en cours d'exécution.

Chaque année, dans le courant de novembre, il soumet à la Commission le résultat des opérations de l'exercice en cours et un projet de budget pour l'exercice suivant.

Personnel.

ART. 3. — Les chefs de travaux, préparateurs et agents, sont nommés par la Commission sur la proposition du Directeur.

La Commission fixe les indemnités ou traitements alloués à chacun d'eux et détermine leurs attributions.

Comptabilité.

ART. 4. — La comptabilité est tenue au Siège social, sur les pièces de journal et de caisse fournies par le Directeur.

Les livres employés doivent permettre de se rendre facilement compte si toutes les sommes affectées au service du Laboratoire reçoivent bien leurs destinations.

Le Directeur ne peut engager aucune dépense supérieure à 200^{fr} sans l'autorisation de la Commission.

Le paiement des dépenses du Laboratoire est fait à la caisse de la Société sur le vu d'un mémoire certifié par le fournisseur, visé par le Directeur et signé par le Président de la Commission. Les menues dépenses sont payées par le Directeur et réglées tous les mois à la Caisse de la Société.

Les recettes de toutes natures du Laboratoire sont versées à la Caisse de la Société tous les mois, dans les cinq premiers jours et, dans tous les cas, dès que le total des sommes perçues atteint 1000^{fr}. Le versement est appuyé d'un relevé de recettes, jour par jour.

Ouverture et fermeture du Laboratoire.

ART. 5. — Le Laboratoire est ouvert tous les jours de 9^h du matin à 6^h du soir. Il est fermé les dimanches et jours fériés.

Bibliothèque.

ART. 6. — Les Ouvrages composant la bibliothèque du Laboratoire peuvent être consultés, sur place, par les Membres de la Société internationale des Électriciens et par les personnes ayant reçu une autorisation spéciale du Président de la Commission administrative.

Ces Ouvrages, placés sous la haute surveillance du Directeur, ne pourront, en aucun cas, sortir du Laboratoire.

Redevances.

ART. 7. — Les travaux effectués au Laboratoire pour le compte des tiers, ou par des tiers, donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif de ces redevances sera arrêté par la Commission, affiché à l'entrée du Laboratoire et publié dans le Bulletin de la Société.

Le montant des taxes, applicable à chaque travail, est exigible d'avance.

Travaux effectués pour le compte des tiers.

ART. 8. — Dès qu'un appareil ou un objet à expérimenter ou à étalonner est apporté au Laboratoire, il est inscrit sur un registre avec numéro d'ordre.

L'essai est fait dans le délai le plus court possible; ses résultats sont attestés par un certificat portant le timbre à dates du Laboratoire et signé par le Directeur. Il est conservé une copie du certificat sur un registre spécial.

Dans le cas où un travail spécial non prévu au tarif serait demandé, le Directeur ferait savoir à l'intéressé si le travail est possible et ce qu'il coûterait approximativement. Le dit travail serait alors effectué après versement de la somme indiquée et le règlement définitif n'aurait lieu qu'après exécution.

Aucune communication verbale ou écrite des résultats d'un essai ou d'une expérience ne peut être faite à d'autres personnes que l'intéressé, à moins d'autorisation écrite de sa part.

En aucun cas, le Laboratoire n'est responsable des accidents survenus, dans le cours des expériences, aux appareils qui lui ont été confiés.

Travaux effectués par des tiers.

ART. 9. — Pour être admis à effectuer des travaux au Laboratoire, il faut en adresser la demande au Directeur, avec une note détaillée sur le résultat cherché, les moyens à employer pour l'obtenir, les appareils nécessaires et la durée probable de ces travaux.

Le Directeur transmet la demande au Président de la Commission qui statue, sans avoir à motiver sa décision.

Si les travaux sont autorisés, le Président fixe la durée maximum du séjour du titulaire de la demande au Laboratoire et la redevance qu'il doit payer.

Le titulaire doit s'engager à rembourser tous les frais que nécessiteront ses expériences et il peut être tenu de verser, à titre de garantie, une provision déterminée.

A l'expiration du délai qui lui aura été fixé, si le titulaire demande une prolongation, il doit justifier des résultats obtenus et de l'utilité de continuer ses recherches. Le Président de la Commission, sur un rapport du Directeur, statue sur cette nouvelle demande.

Si les recherches faites par les tiers nécessitaient l'acquisition ou l'appropriation de certains outils ou appareils, la Commission peut autoriser le Directeur à payer une partie des frais, à la condition que le matériel acquis reste la propriété du Laboratoire.

Conférences et recherches.

ART. 10. — La Commission administrative peut autoriser ou provoquer des conférences, des expériences ou des recherches au Laboratoire, sur certaines questions intéressant l'électricité.

Dans ce cas, le Directeur prépare le devis des dépenses à prévoir et les conférences ou expériences ou recherches ne sont faites qu'après ouverture de crédit par la Commission.

Élèves.

ART. 11. — Le nombre des élèves à admettre au Laboratoire est fixé par la Commission administrative.

Les candidats doivent adresser une demande au Directeur, en indiquant leur nationalité, en énumérant les titres et diplômes qu'ils possèdent. Leur admission est prononcée par le Président de la Commission, sur l'avis du Directeur.

Les élèves admis doivent verser une redevance mensuelle de 20^{fr} payable d'avance.

Leur présence au Laboratoire doit être d'au moins six heures par jour. Ils doivent se soumettre aux ordres du Directeur, ou, en son absence, à ceux des chefs de travaux qui le remplacent.

Ils sont responsables du matériel qui leur est confié.

Les absences non autorisées ou non justifiées et les infractions au règlement donneraient lieu à un premier avertissement.

Pour inexactitude répétée ou pour faute grave, le Directeur peut interdire provisoirement l'entrée du Laboratoire à un élève, sauf à en référer au Président de la Commission qui aurait à se prononcer sur l'exclusion définitive.

Les élèves qui, pendant un séjour d'un an au moins, auront fait preuve d'assiduité

et de connaissances pratiques suffisantes dans le maniement des appareils de mesure, recevront un diplôme signé par le Président de la Commission administrative et le Directeur du Laboratoire.

IV. -- COMMISSION ADMINISTRATIVE.

Président.

MASCART (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau central météorologique de France.

Secrétaire.

SARTIAUX (Eug.), Chef des Services électriques au *Chemins de fer du Nord*.

Membres.

Les Membres du Bureau de la *Société internationale des Électriciens*.

Les anciens Présidents de la *Société internationale des Électriciens*.

SARTIAUX (Eug.), Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*.

LEVRAUD (Dr), Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

V. — PERSONNEL.

Directeur du Laboratoire.

1893-1900. JANET (PAUL), Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

Chefs des Travaux.

LAPORTE (FRÉDÉRIC), Ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines.

DURAND (ALBERT), Licencié ès Sciences physiques, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

DAVID (CHARLES), Ingénieur civil, Diplômé de l'Institut industriel du nord de la France.

VI. — TARIF DES ESSAIS ET ÉTALONNEMENTS.

I. — Essais donnant lieu à un certificat.

PREMIÈRE CATÉGORIE. — *Étalonnements d'appareils industriels de mesure.*

Courants continus.	Ampèremètres de	0 à 100 ampères.....	Fr. 5
		» de 100 à 500 ».....	10
		» de 500 à 1000 ».....	20
	Voltmètres de	0 à 150 volts.....	5
		» de 150 à 500 ».....	10
		» de 500 à 1000 ».....	20
Courants alternatifs.	Ampèremètres de	0 à 100 ampères.....	10
		» de 100 à 500 ».....	15
		» de 500 à 1000 ».....	25
	Voltmètres ou électromètres de	0 à 150 volts.....	10
		» de 150 à 500 ».....	15
		» de 500 à 1000 ».....	25
Wattmètres.		De 0 à 5000 watts.....	15
		» 5000 à 10000 ».....	25
		Au-dessus de 10000 watts.....	50
Compteurs.		De 0 à 100 ampères et de 0 à 250 volts.....	20
		» 100 à 1000 » et de 250 à 1000 ».....	40
		Étude de la marche d'un compteur pendant une heure....	40
Condensateur.		Condensateur industriel (capacité).....	10

DEUXIÈME CATÉGORIE. — *Essais d'appareils industriels.*

Lampes à incandescence.		Dépense de puissance et intensité lumineuse dans une direction donnée.....	5
		Dépense de puissance et intensité lumineuse, pour deux à cinq lampes de même voltage.....	10
		Courbe de répartition de la radiation dans un plan.....	20
		Variation de l'intensité lumineuse avec le voltage.....	10
Lampes à arc.		Dépense de puissance et intensité lumineuse dans une direction donnée.....	20
		Courbe de répartition de la radiation dans un plan.....	40
		Intensité moyenne sphérique.....	40

		Fr.
Lampes à arc.	{ Essai du fonctionnement d'une lampe à arc, et enregistrement de la différence de potentiel aux bornes ou du courant pendant une heure	25
	{ Chaque heure supplémentaire	5
Gaz et sources lumineuses usuelles.	{ Consommation et intensité dans une direction donnée	20
	{ Éclairement : mesure de l'éclairement en un point quelconque	15
Piles.	Essai d'une pile depuis	20
Accumulateurs.	{ Essai d'un accumulateur : chaque charge et décharge mesurée	10
Transformateurs.	{ Mesure de la puissance à vide : Jusqu'à 5 kilowatts	15
	{ Au-dessus de 5 kilowatts	25
Paratonnerres.	{ Vérification d'un paratonnerre	20
	{ Ce prix sera augmenté des frais de déplacement.	
Dynamos.	{ Essai au frein d'un moteur de moins de 1 cheval	25
	{ Essai d'une machine de plus de 1 cheval (prix à établir de gré à gré d'après la puissance de la machine et le programme de l'essai).	
Coupe-circuits.	{ Essai de coupe-circuits au-dessous de 20 ampères; les 10.	10
	{ " de 20 à 100 ampères; les 10	20
	{ " de 100 à 500 ampères; les 10	30

TROISIÈME CATÉGORIE. — *Essais de matériaux.*

Conducteurs.	{ Résistance d'un conducteur de plus de $\frac{1}{100}$ d'ohm à la température ordinaire	10
	{ Résistance d'un conducteur de moins de $\frac{1}{100}$ d'ohm à la température ordinaire	25
	{ Essai mécanique d'un fil (charge de rupture, allongement et pliage)	10
Isolants.	{ Résistance d'isolement d'un diélectrique sous forme de plaques	20
	{ Essai d'un isolateur	15
Câbles.	{ Essai d'un câble à la température ordinaire	20
	{ Essai d'un câble maintenu pendant vingt-quatre heures dans l'eau à 24°	50
Charbons.	{ Conductibilité d'un crayon de charbon pour arc à la température ordinaire	5
	{ Essai d'un charbon pour arc	30

		Fr.
Fers.	{ Perméabilité d'un échantillon de fer pour une induction donnée (dimensions définies par le laboratoire).....	25
	{ Étude complète du cycle entre deux valeurs de l'induction.	50

QUATRIÈME CATÉGORIE. — *Mesures de précision.*

	{	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une bobine de résistance de plus de $\frac{1}{10}$ d'ohm à la température ordinaire	10
		Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une caisse de résistance, suivant le nombre des bobines; à partir de	25
Résistances.	{	Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à la température ordinaire	50
		Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à zéro et coefficient de variation avec la température	100
		Résistance d'une barre métallique de moins de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température	50
		Résistance à 0° d'un fil métallique de plus de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température	25
Force électromotrice.	{	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice à la température ordinaire .	10
		Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice et coefficient de variation avec la température	100
Intensité.	{	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'un ampèremètre de précision à la température ordinaire	50
Capacité.	{	Capacité d'un condensateur de précision	25
		„ „ „ subdivisé	50
Induction.	{	Coefficient de self-induction d'une bobine sans fer; à partir de	10

Prix réduits, applicables au tarif des essais des quatre premières catégories :

5 essais identiques sont tarifés au prix de 4 essais.

10	»	»	7	»
25	»	»	15	»

CINQUIÈME CATÉGORIE. — *Travaux imprévus.*

Des travaux non prévus au tarif peuvent être faits par le Laboratoire. Le prix en sera établi d'après le temps et les dépenses nécessaires.

•

Fr.

Les fournitures avancées par le Laboratoire sont facturées en sus au prix de revient. L'énergie électrique est comptée à raison de 1^{fr},50 par kilowatt-heure.

Le concours du personnel du Laboratoire pourra être obtenu, si les circonstances le permettent, dans les conditions suivantes :

25^{fr} par journée pour un agent du personnel technique.
10^{fr} » » auxiliaire.

III. — Essais faits en dehors du Laboratoire.

Les prix du tarif ci-dessus restent applicables; ils sont majorés :

- 1° Des dépenses avancées par le Laboratoire pour le transport du personnel et du matériel;
- 2° D'une indemnité de déplacement de 25^{fr} par jour et par opérateur ou de 15^{fr} par demi-journée.

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

I. — ORGANISATION DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ (1).

Le Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens a décidé, dans sa séance du 25 novembre, de séparer les services du Laboratoire central d'Électricité et ceux de l'École supérieure d'Électricité qui lui avait été adjointe au mois de novembre 1894. Cette séparation était rendue nécessaire par l'origine différente des ressources qui subviennent aux frais de ces deux établissements.

Le budget du Laboratoire comporte, en effet, aujourd'hui, en recettes et en dépenses, des sommes à peu près fixes.

Le budget de l'École, variable avec l'extension des Services, est alimenté par des souscriptions spéciales et par les rétributions des élèves et des auditeurs libres.

Le Comité a pensé, en outre, qu'il était utile de séparer les Conseils de ces deux institutions, et d'intéresser plus directement les donateurs aux progrès de l'École supérieure d'Électricité.

Il a, en conséquence, arrêté le règlement suivant qui sera en vigueur à partir du 1^{er} janvier 1897.

RÈGLEMENT ADMINISTRATIF.

ART. 1. — Le budget de l'École supérieure d'Électricité est alimenté :

- 1° Par les souscriptions recueillies pour l'entretien ou le développement de l'École;
- 2° Par les rétributions des élèves et des auditeurs libres.

ART. 2. — Il est institué un Conseil de perfectionnement de l'École qui comprendra :

- 1° Le Président de la Commission administrative du Laboratoire, Président;
- 2° Le Président en exercice, le Président désigné pour l'exercice suivant, et le Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens;
- 3° Trois membres de la Société des Électriciens, élus pour une période de trois ans par le Comité d'administration de la Société;

(1) Dans sa séance du 30 décembre 1896, le Comité d'administration a décidé que l'École d'application porterait désormais le nom d'*École supérieure d'Électricité*.

4° Le Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures ⁽¹⁾;

5° Les membres fondateurs ⁽²⁾.

6° Les personnes qui donnent leur concours à l'École par des conférences régulières;

7° Le Directeur de l'École.

ART. 3. — Le Conseil de perfectionnement se réunit sur la convocation du Président et au moins deux fois par an.

Il détermine les conditions d'admission, le programme de l'enseignement et des travaux de l'École.

Il se prononce sur toutes les questions relatives à la nomination et aux traitements des Professeurs et du personnel.

Il règle, en fin d'exercice, l'emploi de tous les excédents disponibles, à charge par lui d'en rendre ultérieurement compte au Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens.

Il fait exécuter, dans la limite des crédits dont il dispose, toutes les améliorations à apporter aux installations ou au matériel de l'École.

Il soumet au Comité d'Administration les propositions de dépenses extraordinaires, pour lesquelles un crédit supplémentaire serait jugé nécessaire.

Il prépare annuellement le budget de l'École et le soumet à l'approbation du Comité d'administration.

ART. 4. — Le Conseil de perfectionnement pourra proposer, au Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens, les modifications au présent règlement dont l'expérience aura fait reconnaître l'utilité.

II. — CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT.

PRÉSIDENT.

Mascart (E.), Membre de l'Institut, directeur du Bureau central météorologique de France.

VICE-PRÉSIDENT.

Buquet (P.), directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRE.

Sartiaux (Eug.), chef des Services électriques aux Chemins de fer du Nord.

⁽¹⁾ Par décision de M. le Ministre du Commerce, l'École Centrale a été autorisée à subvenir aux frais d'études d'un certain nombre de ses élèves, ayant satisfait aux examens de sortie, et désireux de compléter leur instruction, au point de vue électrique, en suivant les cours de l'École supérieure d'Électricité.

⁽²⁾ Sont considérés comme Membres fondateurs les Administrations, Sociétés ou particuliers, qui contribueront à l'entretien et au développement de l'École, par une souscription annuelle de 1000^{fr} ou par une donation de 10000^{fr}.

Ces Administrations ou Sociétés sont représentées au Conseil de perfectionnement par un délégué.

MEMBRES.

1° *Membres délégués de la Société internationale des Électriciens.*

Picou (R.-V.), Président de la Société internationale des Électriciens;
Violle (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale,
Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, Président de la
Société internationale des Électriciens pour l'exercice 1899-1900;
Gosselin, Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens;
Pollard, Ingénieur de la Marine;
Potier, Membre de l'Institut;
Romilly (de), ancien Président de la Société française de Physique.

2° *Membres fondateurs.*

Bischoffsheim, Membre de l'Institut.
Bonaparte (prince Roland).
Canet (J.-B.), Directeur de l'Artillerie de MM. Schneider et C^{ie}.
Carpentier (J.).
Christophe.
Compagnie continentale Edison.
Compagnie française Thomson-Houston.
Maison Breguet.
Ménier (H.).
Postel-Vinay.
Rothschild (baron Edmond de).
Santerre.
Sautter, Harlé et C^{ie}.
Société Gramme.
Ténicheff (prince).

3° *Conférenciers.*

Baudot, Ingénieur des Télégraphes.
Bochet, Chef du Service des installations d'éclairage électrique à la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*.
Boucherot, Ingénieur.
Brunswick, Chef du Service électrique de la *Maison Breguet*.
Hillairet, Ingénieur-constructeur.
Loppé, Ingénieur des Arts et Manufactures.
Picou, Ingénieur des Arts et Manufactures.
Sartiaux (Eug.), Chef des Services électriques aux *Chemins de fer du Nord*.
Touanne (de la), Ingénieur des Télégraphes.

4° Directeur de l'École.

Janet (P), Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

III. — SOUSCRIPTEURS.

Chambre de Commerce de Paris.

Compagnie de Fives-Lille.

Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériels d'usine.

Desrozières.

Fontaine (H.).

Lazare Weiller.

Société du Creusot.

Société industrielle des Téléphones.

IV. — PERSONNEL.

DIRECTEUR.

Janet (P.), Docteur ès Sciences, Professeur de Facultés, Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

CHEF DES TRAVAUX.

Chaumat (H.), Agrégé des Sciences physiques.

SOUS-CHEF DES TRAVAUX.

Aubert (P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

PRÉPARATEUR.

Duval, Licencié ès Sciences mathématiques et physiques, diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

CHEF D'ATELIER.

Maréchal (Charles).

V. — ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT.

ADMISSION.

I. *Concours d'entrée.* — L'admission à l'École supérieure d'Électricité, en qualité d'élève régulier, est prononcée à la suite d'un concours d'entrée qui a lieu tous les ans, dans la deuxième quinzaine d'octobre. Les inscriptions sont reçues jusqu'au 15 octobre. Tout candidat, en s'inscrivant, doit faire connaître : 1° ses nom et prénoms; date et lieu de naissance; nationalité; 2° son adresse actuelle; 3° les études faites pendant les cinq dernières années; 4° les diplômes possédés et titres divers.

II. *Programme du concours d'entrée.* — Le programme du concours d'entrée est déterminé chaque année par le Conseil de perfectionnement de l'École; il comporte les matières suivantes :

Mathématiques;

Physique générale (y compris l'Électricité) et Mécanique appliquée;

Chimie élémentaire.

Les épreuves consistent en :

1° Une composition écrite sur l'Électricité générale (problèmes);

2° Un calcul logarithmique ou à la règle;

3° Une interrogation sur l'Électricité générale;

4° Une interrogation sur les Mathématiques;

5° Une interrogation sur la Physique générale et la Mécanique appliquée;

6° Une interrogation sur la Chimie élémentaire.

III. *Dispenses de concours.* — Peuvent être dispensés du concours d'entrée, dans les limites indiquées ci-dessous, les anciens élèves diplômés des Écoles suivantes : Centrale, Mines, Ponts et Chaussées; les anciens élèves français de l'École Polytechnique; les licenciés ès sciences munis au moins de trois certificats d'études supérieures, à savoir : 1° le certificat de Physique générale; 2° le certificat de Calcul différentiel et intégral ou de Mécanique rationnelle; 3° un certificat quelconque laissé au choix du candidat. Les demandes de dispenses sont classées par ordre de date, et il y est fait droit dans les limites indiquées au paragraphe V. Elles doivent être accompagnées de pièces officielles justifiant les titres présentés.

IV. *Élèves étrangers.* — Les élèves étrangers, munis de titres suffisants, peuvent être dispensés du concours d'entrée. La valeur des titres présentés est soumise à l'appréciation du Conseil de perfectionnement; les candidats qui désirent profiter de cette faveur doivent adresser une demande, avec pièces à l'appui, au Directeur de l'École avant le 15 octobre.

V. *Nombre de places disponibles et limite des dispenses.* — Le nombre total de places disponibles à l'École est fixé chaque année par le Conseil de Perfectionnement; un tiers au moins de ces places est réservé au concours.

Dans le cas où le concours ne donnerait pas de résultats suffisants, les places disponibles seront attribuées, suivant leur ordre d'inscription, aux élèves dispensés qui avaient été provisoirement ajournés.

DURÉE DES ÉTUDES.

Les cours et exercices pratiques commencent le 1^{er} novembre et se terminent le 1^{er} août de chaque année.

NATURE DE L'ENSEIGNEMENT.

L'enseignement donné à l'École supérieure d'Électricité est en partie oral, en partie pratique.

I. *Enseignement oral.* — L'enseignement oral comprend :

- 1^o Un cours sur l'Électrotechnique générale;
- 2^o Un cours sur les Mesures électriques;
- 3^o Une série de conférences sur des sujets spéciaux.

II. *Enseignement pratique.* — L'enseignement pratique comprend :

- 1^o Des exercices de laboratoire;
- 2^o Des exercices d'atelier;
- 3^o Des essais de machines;
- 4^o Des visites d'usines;
- 5^o Des stages dans les principaux secteurs de Paris.

PROJETS.

Trois projets sont donnés aux élèves dans le courant de l'année; ce sont :

- 1^o Un projet de dynamo (calcul);
- 2^o Un projet de dynamo (construction);
- 3^o Un projet d'installation d'éclairage.

EXAMENS.

Deux examens sont subis par les élèves : l'un, vers le milieu de l'année devant le personnel de l'École; l'autre, vers la fin de juillet devant un jury désigné chaque année par le Conseil de perfectionnement.

DIPLÔMES.

Le diplôme de fin d'études est exclusivement réservé aux élèves réguliers ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École. Il est délivré à tout élève ayant obtenu une moyenne générale de 14 sur 20 pour les différentes notes de l'année.

Tout élève ayant atteint la moyenne 13 pour tous les exercices de l'École (projets et examens de fin d'année non compris) peut être autorisé à subir de nouveau ces épreuves l'année suivante; le diplôme lui est attribué s'il atteint la moyenne générale de 14.

AUDITEURS LIBRES.

Des auditeurs libres sont admis aux cours et conférences après inscription au Secrétariat de l'École.

L'admission aux exercices pratiques ne peut être autorisée qu'à titre exceptionnel par le Président du Conseil de perfectionnement sur la proposition du Directeur de l'École.

FRAIS D'ÉTUDES.

1° *Élèves réguliers :*

Frais d'études (1).....	500 ^{fr}
Outillage (2), environ.....	30
Diplôme.....	20

2° *Auditeurs et élèves libres :*

Cours sur l'Électrotechnique générale.....	100
Cours sur les mesures électriques.....	100
Conférences.....	100
Exercices de Laboratoire.....	150
Essais de machines.....	150
Exercices d'atelier.....	150

Les auditeurs ou élèves libres ne sont admis aux visites d'usines que s'ils sont inscrits au moins à trois cours ou exercices pratiques. Cette admission est d'ailleurs entièrement subordonnée aux nécessités des circonstances.

COURS ET CONFÉRENCES POUR L'ANNÉE 1897-1898.

Cours.

M. Janet (P.), directeur de l'École : Électrotechnique générale. Les mardis et samedis à 10^h.

M. Chaumat (H.) : Mesures électriques. Les mardis et samedis à 8^h 30^m.

Conférences (3).

M. Baudot, ingénieur des Télégraphes.

Télégraphie..... 4 conférences.

M. Bochet, chef du service des installations d'Éclairage électrique à la maison Sautter, Harlé et C^{ie}.

Installations électriques, canalisation..... 6 conférences.

(1) Payables par moitié, au 1^{er} novembre et au 1^{er} mars.

(2) L'outillage acquis par les élèves, à leur entrée à l'École, reste leur propriété personnelle.

(3) Les conférences ont en général lieu les lundis et jeudis à 9^h.

M. Boucherot, ingénieur.

Construction des alternateurs, transformateurs, alternateurs-moteurs..... 6 conférences.

M. Brunswick, ingénieur des Arts et Manufactures, chef du service électrique de la maison Breguet.

Détails de construction des machines..... 5 conférences.

M. Chaumat, chef de travaux à l'École.

Électrochimie..... 6 conférences

M. Hillairet, ingénieur-constructeur.

Essais mécaniques des dynamos, mesures au frein, applications mécaniques de l'électricité, traction électrique. 15 conférences.

M. Loppé, ingénieur des Arts et Manufactures.

Accumulateurs 4 conférences.

M. Picou, ingénieur des Arts et Manufactures, président de la Société internationale des Électriciens pour l'exercice 1898-1899.

Construction et calcul des dynamos à courants continus... 4 conférences.

M. E. Sartiaux, chef des services électriques à la Compagnie des chemins de fer du Nord, vice-président du Syndicat professionnel des Industries électriques.

Applications de l'Électricité aux chemins de fer..... 3 conférences.

M. de la Touanne, ingénieur des Télégraphes.

Téléphonie..... 3 conférences.

VI. — PROGRAMME D'ADMISSION.

MATHÉMATIQUES.

Mathématiques élémentaires. — Géométrie, Algèbre, Trigonométrie. — Usage des logarithmes et de la règle à calcul.

Mathématiques spéciales. — Principales notions de la Géométrie analytique. — Représentation graphique des fonctions usuelles.

Calcul différentiel et intégral. — Fonctions; dérivées; intégrales; différentielles et quadratures usuelles. — Calcul des aires, des centres de

gravité, des moments d'inertie. — Équations différentielles linéaires à coefficients constants du premier et du second ordre sans ou avec second membre.

Mécanique. — Vitesse; accélération; force; couple; travail; puissance. — Théorème des forces vives et son application aux machines simples. — Mouvement d'un solide invariable autour d'un axe. — Cas particulier d'un corps suspendu par un fil de torsion, avec amortissement.

Mécanique appliquée. — Turbines; machine à vapeur; frein de Prony.

PHYSIQUE.

Thermodynamique. — Principe de la conservation de l'énergie; équivalence de la chaleur et du travail.

Optique. — Propriétés des lentilles et des miroirs.

Électricité et Magnétisme. — Phénomènes fondamentaux; lois numériques de l'électrostatique, de l'électromagnétisme et de l'induction.

CHIMIE.

Métalloïdes; métaux.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

ANNÉE 1899.

COMITÉ D'ADMINISTRATION.

Présidents honoraires.

- MM. GEORGES BERGER**, ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Député, 8, rue Legendre, à Paris.
MAURICE LOEWY, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, à Paris.

Anciens Présidents.

- 1883-1885. **BERGER (GEORGES)**, ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Député, 8, rue Legendre, à Paris.
1886. **LOEWY (MAURICE)**, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, à Paris.
1887. **MASCART (E.)**, Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris.
1888. **LEMONNIER (PAUL)**, *décédé en 1894*.
1889. **SEBERT (Général H.)**, Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris.
1890. **FONTAINE (HIPPOLYTE)**, Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société des machines magnéto-électriques Gramme*, 52, rue Saint-Georges, à Paris.
1891. **JOUBERT (J.)**, Inspecteur général de l'Instruction publique, 67, rue Violet, à Paris.
1892. **CARPENTIER (J.)**, ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, successeur de Ruhmkorff, 34, rue du Luxembourg, à Paris.
1893. **RAYMOND (L.)**, Administrateur des Postes et des Télégraphes en retraite, 87, boulevard de Courcelles, à Paris.
1894. **POSTEL-VINAY (A.)**, Constructeur électricien, 41, rue des Volontaires, à Paris.
1895. **POTIER (A.)**, Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Mines, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.
1896. **SCIAMA (GASTON)**, Directeur de la *Maison Breguet*, 19, rue Didot, à Paris.
1897. **ARSONVAL (D^r A. D')**, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris.

BUREAU.

Président.

PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris.

Président pour l'exercice 1899-1900.

VIOLE (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Vice-Présidents.

Dates d'entrée
et de sortie.

1896-1899. NERVILLE (FERDINAND DE), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris.

1896-1899. PELLAT (HENRI), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris.

* *

1897-1900. HILLAIRET (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.

1897-1900. POLLARD (JULES), Ingénieur de la Marine, 28, rue Bassano, à Paris.

* *

1898-1901. CLÉRAC (HIPPOLYTE), Directeur-Ingénieur des Télégraphes, 77, boulevard Brune, à Paris.

1898-1901. MONNIER (D.), Ingénieur, Professeur d'Électricité industrielle à l'École centrale des Arts et Manufactures, 1, rue Appert, à Paris.

Secrétaire général.

1897-1899. GOSSELIN (X.), Chef des Travaux électriques à l'École centrale des Arts et Manufactures, 12, rue de Saint-Quentin, à Paris.

Secrétaires.

1897-1899. BRUNSWICK (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique de la *Maison Breguet*, 75, rue Didot, à Paris.

1896-1899. LAFFARGUE (JOSEPH), Ingénieur électricien, 70, boulevard de Magenta, à Paris.

* *

1897-1900. ALIAMET (MAURICE), Licencié ès Sciences, Inspecteur-Chef du Laboratoire électrotechnique au Chemin de fer du Nord, 23, rue Philippe-de-Girard, à Paris.

1897-1900. LOPPÉ (F.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris.

* *

1898-1901. ABRAHAM (HENRI), Professeur au Lycée Louis-le-Grand, 46, rue Richer, à Paris.

Dates d'entrée
et de sortie.

1898-1901. GROSSELIN (MARIE-JOSEPH), Ingénieur civil des Mines, 69, avenue Henri-Martin, à Paris.

Trésorier.

1898-1900. VIOLET (LÉON), Ingénieur, Directeur des ateliers *J. Carpentier*, 20, rue Delambre, à Paris.

MEMBRES DU COMITÉ.

1896-1899. BAUDOT (ÉMILE), Ingénieur des Télégraphes, 1, rue Littré, à Paris.

1897-1899. BERNHEIM (ED.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 18, rue Pierre-Charron, à Paris.

1896-1899. BRILLIÉ (LUCIEN), Ingénieur électricien, 64, boulevard Bineau, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

1896-1899. CANCE (ALEXIS), Ingénieur électricien, 5, rue St-Vincent-de-Paul, à Paris.

1898-1899. CHAUMAT (H.), Chef de Travaux à l'École supérieure d'Électricité, 26, avenue du Maine, à Paris.

1896-1899. CURIE (PIERRE), rue des Sablons, à Sceaux (Seine).

1896-1899. DUJARDIN (P.-J.-R.), Héliographe, 28, rue Vavin, à Paris.

1896-1899. FAYOT (LOUIS), Directeur des ateliers de la *Maison Breguet*, 19, rue Didot, à Paris.

1896-1899. HOSPITALIER (ÉDOUARD), Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris, 12, rue de Chantilly, à Paris.

1896-1899. MIET (MAURICE), Directeur de l'usine de la *Compagnie du Secteur de la Rive Gauche*, 39, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

1896-1899. MINET (ADOLPHE), Chimiste électricien, 37, rue de Berne, à Paris.

1896-1899. MONMERQUÉ (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 71, rue de Monceau, à Paris.

1896-1899. MONTELLIER (J.), Rédacteur en chef de l'*Électricien*, 12, rue des Rochers, à Clamart (Seine).

1896-1899. RICHARD (GUSTAVE), Agent général de la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 44, rue de Rennes, à Paris.

1896-1899. VASCHY (A.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, Examinateur d'admission à l'École Polytechnique, 68, avenue Bosquet, à Paris.

N...

* * *

1897-1900. ARNOUX (R.), Ingénieur-Constructeur, 16, rue de Berlin, à Paris.

1897-1900. BOCHET (A.), Chef du Service des Installations d'éclairage électrique à la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 14, rue de Passy, à Paris.

1897-1900. BONFANTE (F.), Ingénieur électricien, 271, boulevard Pereire, à Paris.

1897-1900. BONNEAU (H.), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation adjoint des Chemins de fer de P.-L.-M., 21, boulevard Saint-Germain, à Paris.

1897-1900. BOVET (A. DE), Administrateur-délégué de la Société générale de touage et remorquage, 3, avenue du Coq, à Paris.

1897-1900. BRANLY (ED.), Docteur ès Sciences, 21, avenue de Tourville, à Paris.

1897-1900. CLAUDE (G.), Attaché à l'usine des Halles, 2, rue Bérulle, à Saint-Mandé.

Dates d'entrée
et de sortie.

- 1897-1900. DARCQ (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris.
- 1897-1900. JAVAUX (E.), Directeur des ateliers de la *Société Gramme*, 33, rue Clavel, à Paris.
- 1898-1900. LARNAUDE (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, fabricant de lampes à incandescence, 19, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- 1897-1900. LEBLANC (MAURICE), 1, avenue de Boufflers, villa Montmorency, Paris-Auteuil.
- 1897-1900. LE CHATELIER, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- 1897-1900. PELLISSIER (GEORGES), 16, rue Singer, à Paris.
- 1897-1900. RECHNIEWSKI (W.), Ingénieur, 11, rue Lagrange, à Paris.
- 1897-1900. VUILLEUMIER (C.), Ingénieur électricien, 111, rue de la Folie-Méricourt, à Paris.
- 1897-1900. WALCKENAER (CH.), Ingénieur des Mines, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris.

* * *

- 1898-1901. BLONDEL (A.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service central des Phares, 2, boulevard Raspail, à Paris.
- 1898-1901. BLONDIN (J.), Directeur scientifique du journal *L'Éclairage électrique*, 171, faubourg Poissonnière, à Paris.
- 1898-1901. BOUCHEROT (P.), Ingénieur-Conseil, 44, rue Laugier, à Paris.
- 1898-1901. DESROZIERS (E.), Ingénieur électricien, 10, avenue Frochot, à Paris.
- 1898-1901. EBEL (G.), Directeur de la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 92, boulevard de Courcelles, à Paris.
- 1898-1901. GAIFFE (G.), Ingénieur électricien, 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris.
- 1898-1901. GAUTHIER-VILLARS (ALBERT), Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.
- 1898-1901. GUILLAUME (CH.-Ed.), Attaché au Bureau international des Poids et Mesures, pavillon Breteuil, à Sèvres.
- 1898-1901. KREBS (commandant), 19, avenue d'Ivry, à Paris.
- 1898-1901. LAPORTE (FRÉDÉRIC), Chef de Travaux au Laboratoire central d'Électricité, 2, rue Saint-Simon, à Paris.
- 1898-1901. POINCARÉ (L.), Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris, 17, rue d'Assas, à Paris.
- 1898-1901. RADIGUET, Constructeur électricien, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris.
- 1898-1901. ROMILLY (de), ancien Président de la *Société française de Physique*, 25, avenue Montaigne, à Paris.
- 1898-1901. SAUTTER (G.), Ingénieur-Constructeur, 26, avenue de Suffren, à Paris.
- 1898-1901. VOISENAT (J.), Ingénieur des Télégraphes, 74, boulevard Montparnasse, à Paris.

N...

Secrétaire du Comité.

- SABOURAIN (J.-A.), Inspecteur des Télégraphes, 42 bis, rue du Four, à Paris.

DÉLÉGUÉS GÉNÉRAUX.

Département des Bouches-du-Rhône.

ROLANDO (G.-P.), Électricien, 19, rue de l'Étrieu, à Marseille.

Département de la Gironde.

VÈNE (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Henri IV, à Bordeaux.

Département du Rhône.

CHARGNIOUX (CHARLES), Représentant de la *Société industrielle des Téléphones*, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon.

Région du sud de la France.

JUPPONT (PIERRE), Ingénieur-Conseil, électricien, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne).

Belgique.

BANDSEPT (ALBERT), Ingénieur, Directeur-Gérant de la *Société anonyme franco-belge d'appareils d'éclairage*, 28, avenue des Couronnes, à Bruxelles.

Espagne.

N...

États-Unis.

HERING (CARL), Consulting Electrical Engineer, 929, Chesnut street, à Philadelphie. Pa. (U. S. A.).

Grande-Bretagne.

AYLMER (RICHARD), Ingénieur civil, M. Inst. C. E. 47, Victoria Street, Westminster, London S. W.

Pays-Bas.

GILTAY (J.-W.), Ingénieur électricien, successeur de Kipp et Zonen, 202, Oude Delft, à Delft.

Portugal.

CASTANHEIRA DAS NÊVES, Ingénieur, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne.

Russie.

DUFLON (LOUIS), Ingénieur, Viborgskaïa Storona, neuchlotski pereoulouk, 5, à Saint-Pétersbourg.

MEMBRES CORRESPONDANTS.

Allemagne.

WIEDEMANN (D^r G.), Professeur de l'Université, à Leipzig.

Belgique.

BANNEUX (J.), Ingénieur en chef, Directeur des Télégraphes, à Bruxelles.

GÉRARD (ÉRIC), Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, 43, rue Saint-Gilles, à Liège.

MENSBRUGGHE (GUST. VAN DER), Professeur à l'Université de Gand, à Gand.

ROUSSEAU (E.), Professeur à l'Université libre et à l'École militaire, à Bruxelles.

États-Unis.

BARKER (GEORGE-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie.

HERING (Carl), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie.

Espagne.

COMERMA (ANDRÈS-A.), Inspecteur du Génie maritime, au Ferrol.

Grande-Bretagne.

FORBES (Professeur GEORGE), M. A., F. R. S., 34, Great George street, Westminster, London, S. W.

HUGHES (Professeur D.-E.), F. R. S., care of the London Joint Stock Bank, 69, Pall Mall, London, S. W.

Lord KELVIN (W. THOMSON), F. R. S., the University Glasgow (Écosse).

PREECE (WILLIAM-HENRY), F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey.

THOMPSON (Professor SYLVANUS-P.), F. R. A. S.; B. A.; Morland Chrislett Road West Hampstead, London, N. W.

Italie.

CATTANEO (Commandeur ROBERT), Administrateur délégué della *Società di Monteponi*, 51, via Ospedale, à Turin.

DEMARCHI (LAMBERTO), Ingénieur, 65, via Napoli, à Rome.

SEMMOLA (EUGÈNE), Professeur agrégé à l'observatoire du Vésuve, Professeur titulaire de Physique à l'Institut technique de Naples, 6, rue Trinita Maggiore, à Naples.

Pays-Bas.

BOSSCHA (G.), Secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des Sciences, à Harlem.
KERKWKYK (J.-J. VAN), Membre des États généraux, Conseiller des Télégraphes, Ingénieur civil, Administrateur du chemin de fer d'Anvers à Rotterdam, à La Haye.

Portugal.

CASTANHEIRA DAS NÈVES, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne.
PAIVA (ADRIEN DE), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto.
VIEGAS (D^r ANTONIO DOS SANTOS), à Coïmbra.

Russie.

DRZEWIECKI (STÉPHANE), Ingénieur, 5, villa Damont, rue des Bauges, à Paris.

Suisse.

BOREL (D^r FRANÇOIS), Ingénieur, à Cortaillod.
ESCHBAECHER, Sous-Directeur du Bureau international des Administrations télégraphiques, à Berne.
WEBER (D^r H.-J.), Professeur, à Neumünster.

Turquie.

LACOINE (EMILE), Conseiller électricien du Gouvernement, passage du Tunnel. A, Péra-Constantinople.
RAIF-EFFENDI, Conseiller-adjoint technique et Directeur de la fabrique des Télégraphes ottomans, à Constantinople.

COMMISSION DES COMPTES.

ARMENGAUD jeune, Ingénieur civil.
BERTHON (LOUIS-ALFRED), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*.
MASSON (GEORGES), Éditeur.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

(Année 1899).

Les noms des Membres fondateurs sont suivis des lettres M. F.; ceux des Membres donateurs des lettres M. D.; ceux des Membres perpétuels (cotisations libérées), des lettres M. P.

N. B. — MM. les Membres sont priés de vouloir bien adresser au Secrétariat les corrections à introduire dans la présente liste.

- Abdank-Abakanowicz**, Ingénieur, 88, quai du Parc, à Saint-Maur (Seine). M. P.
Abel (Sir Frederic), C. B., F. R. S., 2, Witehall Court, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
Aboilard (Georges), 46, avenue de Breteuil, à Paris.
Abraham (Henri), Professeur au Lycée Louis-le-Grand, 46, rue Richer, à Paris. M. P.
Ackere (G. van), Constructeur électricien, 13, rue Esquermoise, à Lille (Nord). M. F.
Adams (William-Grylls), Professeur, F. R. S., 43, Camden Hill Square, London W. (Angleterre). M. F.
Albuquerque (Francisco d'), 80, rua de Rosario, à Porto (Portugal). M. F.
Alcaz (Eugène), ancien Élève de l'École supérieure d'Électricité de Paris, 93, boulevard Haussmann, à Paris.
Alglave (Émile), 27, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise). M. F.
Aliamet (Maurice), Licencié ès Sciences, Inspecteur-chef du Laboratoire électrotechnique au chemin de fer du Nord, 23, rue Philippe-de-Girard, à Paris.
Allaire (Edmond), Sous-Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 33 bis, rue Dutot, à Paris. M. F.
Alliot (R.), Ingénieur des Arts et Manufactures, fabricant de câbles électriques, 25 bis, rue Saint-Ambroise, à Paris.
Ameye (Camille), à Iseghem (Belgique). M. F.
Amsler-Lafon (J.), à Schaffhouse (Suisse). M. F.
Anastassiu (Jean-Ch.), Ingénieur, 97, calea Victoriei, à Bucarest (Roumanie).
Andréani (Jacques-Lucien), Directeur de la Société anonyme d'Électricité, 39, avenue Marceau, à Courbevoie (Seine).
Andrien (Ernest), Receveur, Chef de Centre du Dépôt télégraphique régional, à Montpellier (Hérault). M. F.
Andry-Bourgeois (Charles-Henri), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 2, rue de Clichy, à Paris.
Anney (Joseph-Paul), Ingénieur électricien, ancien Ingénieur des Compagnies Edison, Ferranti, Patin et Parisienne de l'air comprimé, 47, quai National, à Puteaux (Seine).
Ansil (D. Miguel), Ingénieur électricien à Sanguésa, province de Navarre (Espagne).
Archat (Paul), 188, rue du Faubourg-Saint-Martin, à Paris.

- Arcos** (Antoine de), Ancien Chef de l'artillerie espagnole, Président du Comité Brancario de la République de Guatemala, à Guatemala (Amérique centrale). M. F.
- Arizpe** (Rafael.-R.), Ingénieur électricien hydrographe, Donato Guerra, 1252, à Mexico (Mexique).
- Armagnat**, Électricien, 20, rue Delambre, à Paris.
- Armengaud aîné** (Charles-Eugène), 21, boulevard Poissonnière, à Paris. M. F.
- Armengaud jeune**, Ingénieur civil, 23, boulevard de Strasbourg, à Paris. M. F. M. P.
- Arno** (Riccardo), Professeur au Musée industriel de Turin, à Turin (Italie).
- Arnoux** (René), ancien Ingénieur des ateliers de la *Maison Breguet*, Ingénieur-Conseil de la *Compagnie continentale Edison*, Ingénieur-Constructeur, 16, rue de Berlin, à Paris.
- Arnoye** (Léon), Professeur de Physique, 40, rue Gasseras, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.
- Arsonval** (Dr A. d'), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris. M. F.
- Artimini** (Antonius), villa Artimini, à Firenze (Italie). M. F.
- Aubert** (Auguste-Jean-Jacques), Fabricant d'horlogerie, constructeur du Compteur d'électricité, système A. Aubert, 7, place Saint-François, à Lausanne (Suisse).
- Aubert** (Pierre-Edmond), Sous-Chef des travaux à l'*École supérieure d'Électricité*, 9, rue Lecourbe, à Paris.
- Aubineau** (J.), Administrateur de la *Société des câbles électriques*, 23, rue du Cherche-Midi, à Paris. M. F.
- Aubout** (Léon), Fabricant de zincs pour piles et de fournitures pour sonneries électriques, 28, rue Debelleye, à Paris. M. F.
- Augé** (Daniel), Ingénieur électricien, 92, rue des Arts, à Levallois-Perret (Seine).
- Avenarius** (M.), Professeur à l'Université de Kief (Russie). M. F.
- Avril** (R.), Ingénieur électricien, 30, boulevard Voltaire, à Paris. M. F.
- Avril de Gastel** (Émile), Ingénieur civil (E. C. P.), Ingénieur du matériel à la *Compagnie du Touage de la basse Seine et de l'Oise*, 135, boulevard Magenta, à Paris.
- Aylmer** (Richard) Ingénieur civil, M. Inst. C. E., Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 47, Victoria street, Westminster, London S. W. (Angleterre).
- Azambre** (Paul-Marie-Gustave), attaché au Service électrique de la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 20 bis, rue Saint-Benoist, à Paris.
- Azaria**, Ingénieur, 5, rue Boudreau, à Paris.
-
- Babillot** (Gabriel), Ingénieur, Constructeur-Mécanicien, 22, rue Merlin de Thionville, à Suresnes (Seine). M. F.
- Bablon** (V.), 42, rue Boulard, à Paris. M. F.
- Baboulet** (Germain-L.-M.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, Direction des Postes et Télégraphes du Rhône, à Lyon, (Rhône).
- Bachon** (Lucien), Ingénieur électricien, 73, rue Fondary, à Paris.
- Badon-Pascal** (Georges), Directeur de la *Société nantaise d'éclairage et de force par l'électricité*, 6, rue du Calvaire, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Baechler** (André), Ingénieur, Inspecteur des Travaux techniques du Service d'architecture du département de la Seine, au Tribunal de Commerce, à Paris.

- Baechler** (Joseph), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, 4, rue Victor-Considérant, à Paris.
- Bähr** (Georges-Martin-Victor), Chef du Bureau des services électriques du *Chemin de fer du Nord*, 11, rue de la Gare, à Euabonne (Seine-et-Oise).
- Baillat** (Ernest), Ingénieur électricien, Directeur des Constructions électriques de la *Maison Grammont*, à Pont-de-Chérury (Isère).
- Baille** (J.-B.), Répétiteur à l'École Polytechnique, 26, rue Oberkampf, à Paris. M. F. M. P.
- Bailly** (Émile-Victor), Agent des Travaux mécaniques de la *Compagnie parisienne du Gaz*, 20, rue de Bruxelles, à Paris.
- Bainville** (Auguste-Henri), Directeur gérant de la *Société A. Bainville et Cie*, à Arques-la-Bataille (Seine-Inférieure).
- Bancelin** (Edme-Henry), Administrateur délégué de la *Société française de l'Accumulateur Tudor*, 21, rue Le Verrier, à Paris.
- Bandsept** (Albert), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, Directeur-Gérant de la *Société anonyme franco-belge d'appareils d'éclairage*, 28, avenue des Couronnes, à Bruxelles (Belgique). M. F. M. P.
- Banneux** (J.), Ingénieur en chef, Directeur des Télégraphes, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Baour** (Emmanuel-D.), 9, cour du Chapeau-Rouge, à Bordeaux (Gironde). M. F.
- Bapst** (Henri), 22, route de Croissy, au Vésinet (Seine-et-Oise).
- Baragney-Fouquet** (Lucien), Manufacturier, 36, rue de Sévigné, à Paris.
- Barket**, Ingénieur, 57, rue de l'Université, à Paris.
- Barbey** (Lucien), Ingénieur-Chimiste, Directeur du Laboratoire de la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*, 28, rue Philippe-de-Girard, à Paris. M. F.
- Barbier** (F.), Ingénieur, Constructeur de phares électriques, 82, rue Curial, à Paris. M. F.
- Barbier** (Robert-Paul), de la *Maison Lepère et Barbier*, 125, avenue de Villiers, à Paris.
- Bardon** (Louis), 61, boulevard National, à Clichy (Seine).
- Bardot** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société anonyme des Forges et Fonderies de Montataire*, Fabricant de produits chimiques, 19, passage Duranton, à Paris.
- Bardy** (Ch.), Directeur du Laboratoire au Ministère des Finances, 32, rue du Général-Foy, à Paris. M. P.
- Barillet** (Léon-Fernand), Ingénieur civil, 6, avenue de la Motte-Picquet, à Paris.
- Barker** (George-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie (U. S. A.). M. F. M. P.
- Baron** (H.), Directeur honoraire à l'Administration des Postes et des Télégraphes, 18, avenue de Labourdonnais, à Paris. M. F.
- Barrière** (Just-Gustave-Camille), Ingénieur à la *Compagnie franco-russe des ciments Portland*, à Guélandjik, Gouvernement de la mer Noire (Russie).
- Barrière** (Emile), Directeur gérant d'usines à gaz, Membre de la *Société des Ingénieurs civils de France*, à Gournay-Ferrière (Seine-Inférieure).
- Bary** (Paul), Ingénieur physicien, 5, rue Gay-Lussac, à Paris.
- Basquin** (Jules), Ingénieur à la Société *La Métallurgique*, 1, place de Louvain, à Bruxelles (Belgique).
- Bassée-Crosse**, Fabricant d'instruments de Physique, 92, rue de Bondy, à Paris.
- Bassez** (Gaston), Chef de laboratoire à la *Société industrielle des Téléphones*, aux usines *Rattier*, à Bezons (Seine-et-Oise).

- Baudelle** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 51, rue Thiers, à Troyes (Aube). M. F.
- Baudet** (Louis), fabricant de bijouterie, au Moulin à Tan, à Châteaudun (Eure-et-Loir).
- Baudot** (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 1, rue Littré, à Paris. M. F.
- Baudoux-Chesnon** (Lucien-Léon), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, à Port-Marly (Seine-et-Oise).
- Baume-Pluvinel** (Aymar de la), 17, rue de Constantine, à Paris. M. F. M. P.
- Bayette** (Lucien), Ingénieur électricien, 59, rue Ramey, à Paris.
- Bazille** (Albert), Ingénieur des Télégraphes, à Lille (Nord).
- Beau** (Henri), 226, rue Saint-Denis, à Paris. M. F.
- Beaudier** (Albert-Marcel), Ingénieur à la *Compagnie française d'appareillage électrique*, 2, rue de la Verrerie, à Paris.
- Beaufils** (Magloire-François), Inspecteur des Postes et des Télégraphes en retraite, à Gavray (Manche). M. F.
- Becker** (Barthélemy-Joseph), Constructeur électricien, 71, rue de Bourgogne, à Paris.
- Becquerel** (Henri), Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École Polytechnique et au Muséum, 6, rue Dumont-d'Urville, à Paris. M. F.
- Bede** (Émile), Ingénieur civil, ancien Professeur à la Faculté des Sciences et à l'École des Mines de Liège, 37, rue Philippe-le-Bon, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Béglet** (Armand), Propriétaire, à Corbeil (Seine-et-Oise).
- Bellens** (Charles), Ingénieur, 111, boulevard de Magenta, à Paris.
- Bellot** (Arsène-Henri), Sous-Archiviste au Conseil d'État, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris. M. F.
- Bélugou** (Victor), Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenellé, à Paris.
- Bénard** (Louis-Gabriel), Constructeur électricien, 12 et 14, rue Bridaine, à Paris.
- Bérard**, Lieutenant de vaisseau au Ministère de la Marine, 2, rue Royale, à Paris.
- Berger** (C.), 22, rue Royale, à Paris. M. F.
- Berger** (Georges), Député, Ex-Commissaire général de l'*Exposition internationale d'Électricité de Paris en 1881*, Ex-Directeur général de l'Exploitation de l'*Exposition universelle de 1889*, Membre du Conseil de perfectionnement du Conservatoire national des Arts et Métiers, Administrateur délégué de la *Maison Breguet*, 8, rue Legendre, à Paris. M. F. M. D. M. P.
- Bergès** (Aristide), Fabricant de papiers, propriétaire de la station d'éclairage dans la vallée du Grésivaudan, à Lancey, commune de Villard-Bonnot, arrondissement de Grenoble (Isère).
- Bergès** (Gabriel), Constructeur-Électricien, *Maison Bisson, Bergès et C^{ie}*, 8, rue de Rocroy, à Paris.
- Berget** (Alphonse), Docteur ès Sciences, attaché au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne, Secrétaire de la *Société française de Physique*, 16, rue de Vaugirard, à Paris. M. F.
- Bergon**, ancien Directeur du matériel et de la construction, au Ministère des Postes et des Télégraphes, 56, rue Madame, à Paris. M. F.
- Bergonié** (Jean-Alban), Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux, Directeur des *Archives d'Électricité médicale*, 6 bis, rue du Temple, à Bordeaux (Gironde).
- Bernard** (Adrien-Louis), Ingénieur, Constructeur-Électricien, *Maison Deligny et Bernard*, 69, boulevard Saint-Michel, à Paris.

- Bernard** (Alfred), *Maison Breguet*, 40, avenue Duquesne, à Paris.
- Bernard** (F.), 28, rue de la Côte-Saint-Thibault, à Bois-Colombes (Seine). M. F.
- Berne** (Joseph-Marie), Fabricant de Charbons artificiels pour l'électricité, 57, avenue du Maine, à Paris.
- Bernheim** (Edmond), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Société d'Applications Industrielles*, Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones*, de la *Compagnie des Établissements Lazare Weiller*, de la *Société d'Électricité Alioth Buire* et de la *Compagnie industrielle de Traction pour la France et l'étranger*, bureaux : 46, rue de Provence; domicile : 18, rue Pierre-Charron, à Paris.
- Berthon** (Louis-Alfred), Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones*, 51, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris. M. F.
- Bertolus** (Charles), Ingénieur électricien, Applications industrielles de l'électricité, fabricant de carbure de calcium, à Bellegarde (Ain).
- Bertou** (Camille), 11, rue de Saint-Petersbourg, à Paris. M. F.
- Bertrand** (Émile-Louis), Ingénieur de la *Maison E. Faye*, rue Nollet, à Paris.
- Besson** (Léon), ancien Officier de Marine, Sous-Chef de l'Exploitation à la *Compagnie générale transatlantique*, 6, rue Auber, à Paris.
- Betts** (Walter), Directeur et Électricien de la *Compagnie française des câbles télégraphiques*, à Saint-Pierre-Miquelon. M. F.
- Bidet** (Victor-Alphonse), Ingénieur civil des Mines, 20, quai de la Mégisserie, à Paris. M. P.
- Bidwell** (Shelford), M. A., F. R. S., Riverstone Lodge, Wandsworth, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Binder** (Henri-Léon), 49, rue Ampère, à Paris.
- Bischoffsheim** (R.), 3, rue Taitbout, à Paris. M. F.
- Bizot** (Joseph), Ancien receveur principal des Postes et des Télégraphes, 35, rue de France, à Gap (Hautes-Alpes). M. F.
- Blakesley** (Thomas-Holmes), M. A., M. Inst. C. E., Honorary Secretary of the *Physical Society of London*, 3, Eliot Hill, Lewisham, London, S. E. (Angleterre).
- Blanc** (Édouard), Directeur de la *Société suisse pour la construction d'accumulateurs électriques*, à Marly-le-Grand (Suisse).
- Blanche** (Georges-Joseph-Émile), Directeur commercial de la *Société électrique du Nord*, à Roubaix (Nord).
- Blanchet** (Hector-Augustin), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, *Maison Blanchet frères et Kléber*, à Rives (Isère).
- Blanchon**, Ingénieur, Directeur de la *Société Tudor*, 39, route d'Arras, à Lille (Nord).
- Blazy** (Albert), 15, rue de Turbigo, à Paris.
- Blétry** (Constant), Ingénieur civil, 2, boulevard de Strasbourg, à Paris. M. F.
- Bloch** (D^r Adolphe), 24, rue d'Aumale, à Paris.
- Bloch** (Emmanuel), Ingénieur principal de la maison Breguet, 4, rue Bara, à Paris.
- Blondeau** (Jules), Électricien, 19, passage Gourdon, à Paris.
- Blondel** (André-Eugène), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service central des Phares, Professeur d'électricité appliquée à l'École nationale des Ponts et Chaussées, 2, boulevard Raspail, à Paris. M. P.
- Blondel** (Louis-André), Constructeur, 49, boulevard Ducange, à Amiens (Somme).

- Blondin** (J.), Professeur au Collège Rollin, Directeur scientifique du journal *L'Éclairage électrique*, 171, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.
- Blot** (Georges-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Compagnie des Accumulateurs électriques Blot*, 39 bis, rue de Châteaudun, à Paris.
- Bochet** (Adrien-Claude-Antoine-Marie), Ingénieur en chef de la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 14, rue de Passy, à Paris.
- Bocquentin**, Directeur des Télégraphes en retraite, 2, Grande-Route, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.
- Boireaux**, Lieutenant de vaisseau en retraite, à Horblay (Seine-et-Oise). M. F.
- Boissoudy** (Adrien de), Architecte, 83 bis, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Boistel** (Ernest), Ingénieur-Conseil, Expert près les Cours et les Tribunaux de la Seine, 62, rue Madame, à Paris.
- Bonaparte** (Prince Roland), 10, avenue d'Iéna, à Paris.
- Bonetti** (Louis), Constructeur électricien, 69, avenue d'Orléans, à Paris.
- Bonfante** (F.), Ingénieur électricien, 271, boulevard Pereire, à Paris. M. F.
- Bonnaffé** (Lucius), à Lacauze, par Castres (Tarn). M. F.
- Bonneau** (Henri), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation adjoint des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, 21, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Bonnefis** (L.), à Valence-d'Agen (Tarn-et-Garonne). M. F.
- Bonnet** (Enrique), Sagasta, 8, à Cadix (Espagne). M. F.
- Bonnet** (Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Rivoli, à Paris.
- Borderel** (Jean), Constructeur, 135, rue de Clignancourt, à Paris.
- Bordet** (Lucien), ancien Inspecteur des Finances, Administrateur de la *Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry*, 181, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. P.
- Borel** (Dr François), Ingénieur, à Cortaillod (Suisse). M. F.
- Borges** (F.-Julio), Agronome, Rédacteur secrétaire de l'*Agricultura contemporanea*, 30, calcada d'Ajuda, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Borrel** (Georges-Arsène), Horloger mécanicien électricien, 47, rue des Petits-Champs, à Paris.
- Bosscha** (G.), Secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des Sciences, à Harlem (Pays-Bas). M. F.
- Bouchède** (Jean), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Auch (Gers).
- Boucher** (Ant.), Ingénieur, à Prilly, canton de Vaud (Suisse).
- Boucherot** (Paul), Ingénieur-Conseil, 44, rue Laugier, à Paris.
- Bouchet** (Maurice-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris.
- Bouchon**, Ingénieur à la *Société électrique*, 56, rue de la Victoire, à Paris.
- Bouilhet** (Ch.-H.), Ingénieur manufacturier, 56, rue de Bondy, à Paris.
- Bouillard** (Georges-Léon-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur adjoint à l'Inspecteur principal de l'Exploitation au chemin de fer du Nord, à Lille (Nord).
- Boulanger** (Julien), Chef de bataillon du Génie, Chef du dépôt central de la Télégraphie militaire, 25, boulevard du Montparnasse, à Paris.
- Boulardet** (Émile-Louis), Ingénieur, à Champs-sur-Marne (Seine-et-Marne).
- Boulloche** (Alfred de), 6, rue des Petits-Hôtels, à Paris.

- Bouquet** (Robert-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 25, rue de l'Avenir, à Asnières (Seine).
- Bour** (Paul), Ingénieur en chef de la *Société pour la transmission de la force par l'Électricité*, 13, rue Lafayette, à Paris.
- Bourdin** (Charles-Louis), 13, avenue de la République, à Paris. M. F.
- Boursault** (Henri-Alexandre-Octave), Chimiste au *Chemin de fer du Nord*, 10, rue Stephenson, à Paris. M. F.
- Bouts** (Étienne-Alfred), Ingénieur civil, 60, rue Bayard, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Bouty** (E.), Professeur à la Faculté des Sciences, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris.
- Bouvarel** (Lucien), Électricien, 7, rue Passet, à Lyon (Rhône).
- Bovier** (Ad.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur éclairagiste, 25, avenue de Noailles, à Lyon (Rhône).
- Bovier** (Henri-Désiré), Commis des Télégraphes, 36, rue Clor, à Paris.
- Bovet** (A. de), Administrateur-délégué de la *Société générale de touage et de remorquage*, 3, avenue du Coq, à Paris.
- Braby** (Frédéric), F. G. S., Bushey Lodge, Teddington, London W. (Angleterre). M. F.
- Brachet** (Henri), Ingénieur électricien, 12, rue Lesueur, à Paris. M. F.
- Brachotte** (Arsène-Victor), Ingénieur de la *Maison Hillairet-Huguet*, 2, rue Auguste-Barbier, à Paris.
- Brait de la Mathe** (Étienne-Gaston), de la *Maison B. de la Mathe et C^{ie}*, usine de Gravelle, à Saint-Maurice (Seine).
- Brancion** (Louis-Marie-Josseran de), Ingénieur, 96, rue du Château, à Asnières (Seine).
- Branly** (Édouard), D^r ès Sciences, D^r en Médecine, 21, avenue de Tourville, à Paris. M. F.
- Bratasiano** (Constantin), 8, rue d'Hauteville, à Paris.
- Brault** (Camille), Ingénieur civil des Mines, 18, quai de Clichy, à Clichy (Seine).
- Bravet** (L.), 3, rue des Archers, à Lyon (Rhône).
- Brémont** (Henri-Georges), ancien élève de l'École Centrale et de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur à la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 5, rue Claude-Bernard, à Paris.
- Brenier** (Casimir), Constructeur mécanicien, 20, avenue de la Gare, à Grenoble (Isère).
- Bresson** (L.), Ingénieur électricien, 143, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône). M. F.
- Brillié** (Lucien-Victor), Ingénieur électricien, 64, boulevard Bineau, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Brillouin** (André), Ingénieur-Conseil, 2, rue de Lisbonne, à Paris.
- Brillouin** (Marcel), Maître de Conférences à l'École Normale supérieure, 31, boulevard du Port-Royal, à Paris.
- Brisson** (Henri-Louis), Directeur de la *Société d'entreprises électriques*, 20, chemin de la Potorio, à Genève (Suisse).
- Brix** (D^r Ph.-Wilhelm), Ingénieur des Télégraphes R. P. A., à Charlottenburg, près de Berlin (Allemagne). M. F.
- Brocq**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Directeur de la *Compagnie des Compteurs et Matériel d'usines*, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris.
- Brout** (Lucien-Édouard), Électricien, 34, rue des Vinaigriers, à Paris.
- Brugnaud**, Contrôleur des Télégraphes en retraite, 63, rue Pasteur, à Dôle (Jura).
- Bruhl** (Paul), Négociant, 57, rue de Châteaudun, à Paris.

- Brüll** (Achille), Ingénieur civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils*, 117, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Brunswick** (Ernest-Jacques-Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique de la *Maison Breguet*, 75, rue Didot, à Paris.
- Brylinski** (Émile), ancien Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, Secrétaire général de la *Société anonyme d'Éclairage électrique* du secteur de la place Clichy, 3, rue Édouard-Detaille, à Paris.
- Buffet** (Ernest), Ingénieur, 25, rue de Bruxelles, à Paris.
- Burton** (Charles), Chef des ateliers à l'usine des tramways d'Oullins, 29, quai de la Guillotière, à Lyon (Rhône).
-
- Cabirau** (Henri-François), Administrateur délégué de la *Compagnie française de charbons pour l'Électricité*, 53, rue de Châteaudun, à Paris.
- Cabral** (Paulo-Benjamin), Inspecteur général des Télégraphes du Portugal, Professeur d'Électrotechnie à l'Institut industriel de Lisbonne, 20, rua do Duque de Bragança, à Lisbonne (Portugal).
- Cadiot** (E.-H.), Constructeur électricien, 12, rue Saint-Georges, à Paris. M. F.
- Cadiou** (Félix), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Alger (Algérie). M. F.
- Cailhava** (Édouard), Ingénieur civil, 8, cours de Gourgues, à Bordeaux (Gironde).
- Cailho**, Ingénieur des Télégraphes, 111, rue Mozart, à Paris. M. P.
- Cailleret** (Henry), Inspecteur principal des Postes et des Télégraphes, 21, avenue de Tourville, à Paris. M. F.
- Calvé** (Fernand-Christophe), Ingénieur des Arts et Manufactures, 5, rue Sontay, à Paris.
- Caméré** (A.), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, 17, rue d'Aligre, à Chatou (Seine-et-Oise). M. F.
- Camichel** (Charles-Moïse), Maître de Conférences, Directeur du laboratoire de Physique industrielle à l'Université de Lille. 1, rue des Fleurs, à Lille (Nord).
- Camproger** (Maurice), Ingénieur électricien, Secrétaire du Conseil d'administration de la *Compagnie générale de Travaux d'Éclairage et de Force*, 238, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.
- Cance** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 177, rue Lafayette, à Paris.
- Cance** (Alexis), Ingénieur électricien, 5, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris.
- Canet** (J.-B.-Gustave-Adolphe), Directeur de l'*Artillerie de MM. Schneider et C^{te}*, 1, boulevard Malesherbes, à Paris. M. P.
- Caplain de Saint-André** (Frédéric), Industriel, 10 et 12, rue Portefoin, à Paris.
- Cardot** (Abel), Vice-Président du Tribunal civil, 50, rue de Rovigo, à Alger (Algérie). M. F.
- Carpentier** (J.), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, successeur de Ruhmkorff, 34, rue du Luxembourg, à Paris. M. F. M. D. M. P.
- Casalunga** (D.-A.), Ingénieur civil, Directeur de la *Chronique industrielle*, 15, rue des Halles, à Paris. M. F.
- Cassin** (Marie-Auguste-Eugène), Ingénieur civil des Mines, chargé du Service électrique au Crédit Lyonnais, 99, rue de Rennes, à Paris.
- Castan** (Adrien), Ingénieur civil, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.

- Castanheira das Neves**, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Castel** (R.-L.), Ingénieur, 113, boulevard Soult, à Paris.
- Cattaneo** (commandeur Robert), Administrateur délégué della *Società di Montepioni*, 51, via Ospétale, à Turin (Italie). M. F.
- Cavelier de Mocomble** (Charles), Ingénieur-mécanicien, 83, boulevard Magenta, à Paris.
- Cedergren** (Henrik-Thore), Directeur de la *Société générale des Téléphones*, à Stockholm (Suède).
- Chabert** (Léon), 3, place Victor-Hugo, à Paris. M. F.
- Chabrier** (E.), Ingénieur civil, Administrateur de la *Compagnie générale transatlantique*, 96, boulevard Haussmann, à Paris. M. F.
- Chaligny** (Gabriel-Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur-Mécanicien, 54, rue Philippe-de-Girard, à Paris.
- Chalufour** (Achille), Ingénieur, rue Cousin-Despréaux, à Dieppe (Seine-Inférieure).
- Chambost** (Pierre-Jules-Eugène-Édouard), Chef de fabrication de la *Société des générateurs Serpollet*, villa Clodion, cité Bory, au Perreux (Seine).
- Chambre** (Alan), M. I. C. E., Coniston Tunbridge Wells (Angleterre). M. F. M. P.
- Chambreleut** (Alphonse), Ingénieur à la *Compagnie parisienne du Gaz*, 7, rue Gounod, à Paris.
- Chameroy** (Hippolyte), Électricien, 89, avenue Centrale, au Vésinet (Seine-et-Oise). M. F.
- Chamon** (Gabriel), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.
- Chanson** (Léopold), à Condom (Gers). M. F.
- Chapat** (Charles), Directeur d'usines à gaz, Secrétaire du Sous-Comité de Marmande à l'Exposition de 1900, Juge au tribunal de Commerce, à Marmande (Lot-et-Garonne). M. P.
- Chaperon** (Charles-Émile), Ingénieur, Chef de division aux chemins de fer P.-L.-M., 11, rue Roquépine, à Paris. M. F.
- Chapsal** (François-Jules), Ingénieur des Services techniques de l'exploitation de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 3, place des Batignolles, à Paris.
- Chardin** (Charles), Ingénieur électricien, 5, rue de Châteaudun, à Paris.
- Chardonnet** (comte Hilaire de), ancien élève de l'École Polytechnique, 43, rue Cambon, à Paris.
- Chargnioux** (Charles), Représentant de la *Société industrielle des Téléphones*, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Charlon** (Julien), Délégué aux Services spéciaux de l'Exposition universelle de 1900 (Section française), 81, rue d'Amsterdam, à Paris.
- Chassevent** (Henry-Marie-Camille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, boulevard de Magenta, à Paris. M. F.
- Chatard** (A.), Administrateur de la *Compagnie continentale Edison*, 40, rue de Berlin, à Paris.
- Chaufour** (Eugène), Ingénieur électricien, E. C. P., 14, place de Laborde, à Paris.
- Ghaumat** (Henri), Chef de travaux à l'*École supérieure d'Électricité*, 26, avenue du Maine, à Paris.

- Chaussonot** (Henri), Ingénieur électricien, Directeur de la *Compagnie Électro-Mécanique*, 11, rue Duperré, à Paris.
- Chauvassaignes**, Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Château de Mirefleurs, les Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme). M. F. M. P.
- Chauvelon**, Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, 157, boulevard de Strasbourg, au Havre (Seine-Inférieure).
- Chauvin** (Raphaël), Constructeur d'appareils électriques, 186, rue Championnet, à Paris.
- Chaye** (Théophile-Joseph-Eugène), Officier de Marine en retraite, Pacha, Général de brigade du Génie ottoman, tunnel Han, 9, rue Zumbal, à Constantinople (Turquie).
- Chêneau** (Emmanuel), Directeur de l'Agence générale française de la *Nepera Chemical Co*, 159, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.
- Chéron** (J.), Lieutenant de vaisseau, commandant l'avis-torpilleur *La Bombe*, à Constantinople (Turquie).
- Cheronnet** (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, 132, avenue de Wagram, à Paris.
- Chertemps** (Charles), Ingénieur, 4, rue du Buzenval, à Boulogne-sur-Seine.
- Cheswright** (Henry-Tyrer), Oardene Woodlesford, près Leeds (Angleterre).
- Cheux** (Pierre-Antoine-Marie), ex-Pharmacien major de l'armée, Officier de la Légion d'Honneur, 9, avenue de Paris, à Châtillon-sous-Bagneux (Seine). M. F.
- Chevallier** (Charles-Henry), Préparateur de Physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux, 61, rue Clément, à Bordeaux (Gironde).
- Chevrier** (Louis-Georges), Ingénieur à l'*Usine centrale du Secteur électrique de la rive gauche de Paris*, 41, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Cheylys**, Directeur de l'Office des Postes et des Télégraphes de la Régence de Tunis, à Tunis (Tunisie). M. F.
- Choquette** (abbé C.-P.), Professeur de Physique, à Saint-Hyacinthe (Canada). M. F.
- Choubry** (Eugène), Négociant en vins, à Avize (Marne). M. F.
- Chrétien** (Paul-Charles), Inspecteur de l'éclairage électrique de la Ville de Paris, 15, rue de Boulainvilliers, à Paris.
- Christofle** (Paul), 56, rue de Bondy, à Paris. M. F.
- Cini** (Giuseppe), Ingénieur électricien, Piazza, S. S., Piédro, E. Lino, 4, à Milan (Italie).
- Clamond** (C.), Ingénieur électricien, 15, rue Picot, à Paris. M. F.
- Claret** (J.), Entrepreneur de Travaux publics et d'Électricité, 87, rue de Paris, aux Lilas (Seine).
- Claude** (Georges), Attaché à l'*usine des Halles*, 2, rue de Bérulle, à Saint-Mandé (Seine).
- Clausonne** (Alfred de), Ingénieur, 131, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Cleghorn** (John), 3, Spring Gardens, London S. W. (Angleterre). M. F.
- Clémenceau** (Paul-Émile-Benjamin), Ingénieur de *M.M. Schneider et C^{ie} (Artillerie Schneider-Canet)*, Répétiteur du Cours d'Électricité à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 84, rue de Longchamps, à Paris.
- Clémançon** (Édouard), Ingénieur, Président de la *Compagnie générale de travaux d'Éclairage et de Force*, 23, rue Lamartine, à Paris.
- Clérac** (Hippolyte), Directeur-Ingénieur des Télégraphes, 77, boulevard Bruno, à Paris. M. F.

- Clerc** (François-Alexandre-Amédée), Ingénieur Conseil des *Hauts Fourneaux de Saint-Louis-Marseille*, 38, rue du Bac, à Paris.
- Clerc** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef de l'Exploitation du *Secteur Edison*, 8, rue du Faubourg-Montmartre, à Paris. M. F.
- Clifton** (Robert-Bellamy), F. R. S., Professor of experimental Philosophy in the University of Oxford, 3, Bardwell road, Banbury road, Oxford (Angleterre). M. F. M. P.
- Closset** (Émile), Ingénieur, 26, rue Saint-Jean, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Cochery** (Adolphe), Sénateur, 38, avenue d'Iéna, à Paris. M. F. M. II.
- Coincy** (Léon de), 9, avenue de l'Opéra, à Paris.
- Coiseau** (L.), Ingénieur civil, 120, avenue des Champs-Élysées, à Paris. M. F. M. P.
- Colin** (Jean-Baptiste), Contremaitre électricien de la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 29, rue Chevert, à Paris.
- Colin** (Louis-Victor), Administrateur-Gérant des usines, fonderies et manufactures de la *Société du Familistère de Guise* (Aisne).
- Collette** (J.-M.), Ingénieur en Chef, Directeur du service technique des Télégraphes des Pays-Bas, à La Haye (Pays-Bas). M. F.
- Colusse** (Edmond-Magloire), Électricien, 12, rue Victor-Hugo, à Suresnes (Seine).
- Comerma** (Andrés-A.), Inspecteur du Génie maritime, au Ferrol (Espagne). M. F.
- Compagnie houillère** (le Directeur de la), à Bessèges (Gard). M. F.
- Constantinowitch** (Apollon-Wassiliowitch), Ingénieur technologue, Morosseïka, *Maisons Leonof*, à Moscou (Russie).
- Conti** (A.-E.), Électrotechnicien, via Saint-Ugon, 4, à Gènes (Italie). M. F.
- Corbin** (Paul), Industriel, ancien Élève de l'École Polytechnique, à Chedde, par Salanches (Haute-Savoie).
- Cordeiro** (José), Fabrica de Lagôa (Açores).
- Cornet** (J.), 3, cité Milton, rue Milton, à Paris.
- Cornu** (Mario-Alfred), Membre de l'Institut, 9, rue de Grenelle, à Paris. M. P.
- Cornuault**, Directeur de la *Compagnie du Gaz de Marseille*, ancien Président de la *Société technique de l'Industrie du gaz en France*, 6, rue Le Peletier, à Paris.
- Corsol** (Adolphe-Pierre), Chef mécanicien à la *Sucrerie centrale de Meaux*, à Villenoy (Seine-et-Marne).
- Cosmovici** (Alexandre-C.), Ingénieur E. C. P., Ingénieur en chef, Sous-Chef du Service de la traction des Chemins de fer de l'État Roumain, à Bucarest (Roumanie). M. F.
- Cosmovici** (Léon-C.), Professeur à l'Université de Jassy, strada Codresen, n° 11, à Jassy (Roumanie). M. F.
- Costa** (Joseph), Ingénieur-Expert, 13, rue Estelle, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Cottard** (Jean-Baptiste), Ingénieur électricien, 30, rue de la Chaise, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Coulon** (R. de), Ingénieur-électricien, Fabrica Uruguay-Concordia (entre Rios) (République argentine). M. F. M. P.
- Courjon** (D' A.), à Meyzieu (Isère). M. F.
- Courquin** (abbé Art.-J.), Professeur de filature à l'École industrielle, à Tourcoing (Nord). M. F.
- Courtet** (abbé Léopold-Marie), aumônier à Chaudebeuf, par Saint-Hilaire-des-Landes (Ille-et-Vilaine). M. F.

- Courtois** (Gabriel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service technique à la *Société industrielle des Téléphones*, 23, rue La Fontaine, à Paris.
- Courtois** (Louis), Ingénieur de la *Compagnie R. asturienne*, à Auby-lès-Douai, par Flers-Dorignies (Nord). M. F.
- Cousin** (Émile-Félix), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 75, avenue Wagram, à Paris.
- Couteux** (Léon), 57, rue des Archives, à Paris. M. F.
- Couvreux** (Abel), 78, rue d'Anjou, à Paris.
- Crapon** (Denis), ancien Élève de l'École Polytechnique, Expert près le Tribunal civil, 2, rue des Farges, à Lyon (Rhône). M. F.
- Cribier** (Marcel), Industriel, 77, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris.
- Criquebeuf** (Édouard-Gaston), Ingénieur électricien à l'*Usine des Lampes homogènes françaises*, 19, rue Didot, à Paris.
- Croizier** (A.-H.), Ingénieur civil, Agent commercial de la *Société industrielle des Moteurs électriques et à vapeur*, 38, rue de Laborde, à Paris.
- Crompton** (R.-E.), Électricien, à Chelmsford, comté d'Essex (Angleterre). M. F.
- Crova** (André), Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, 14, rue du Carré-du-Roi, à Montpellier (Hérault). M. F.
- Cruise** (Edward-Gérald), Ingénieur électricien, Assoc. Inst. E. E. Londres, Ingénieur électricien à la *Mazarrin Elect. Light Co limited*, 93, Merrion Square, W., à Dublin (Ireland).
- Cuau** (Charles), Élève à l'École nationale supérieure des Mines, 137, boulevard de Magenta, à Paris.
- Curie** (Pierre), rue des Sablons, à Sceaux (Seine). M. F.
-
- Dabren** (Albert-Jean-Louis), Élève à l'École nationale supérieure des Mines, 83, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- Damien** (B.-C.), Professeur à la Faculté des Sciences de Lille, à Lille (Nord).
- Daniell** (Francis-W.-B.), M. I. E. E., care of M. M. Hickie, Borman et C^{ie}, 14, Waterloo Place Pall Mall, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Darcq** (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris. M. F.
- Daresté de la Chavanne** (Edmond-Charles-Cléophas), ancien Élève de l'École supérieure d'Électricité, promotion 1897, 10, boulevard Raspail, à Paris.
- Daries** (Aristide), Ingénieur électricien, 32, rue Montpensier, à Pau (Basses-Pyrénées). M. F.
- Darlu de Roissy**, Ingénieur, 94, rue Jouffroy, à Paris.
- Darrieus** (Pierre-Joseph-Gabriel-Georges), Capitaine de frégate, Chef du Cabinet militaire du Ministre de la Marine, 2, rue Royale, à Paris.
- David** (Louis-Alexandre), *Societat catalana d'Electricidad*, 20, calle Vilanova, à Barcelone (Espagne).
- David** (Charles-Narcisse), Ingénieur, Chef de Travaux à l'École supérieure d'Électricité, 1, rue de la Barouillère, à Paris.
- Debeauve** (Paul), 142, boulevard Raspail, à Paris. M. F.
- Debionne** (Emile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur des Services électriques au chemin de fer du Nord, à Lille (Nord).

- Dehenne** (Georges), Ingénieur civil (E. C.), 36, rue Saint-Didier, à Paris. M. F.
- Dehesdin**, Administrateur-directeur de la Société des Établissements Henry Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.
- Déjardin** (Jules-Adrien), Horloger-Mécanicien-Électricien, Compteurs d'énergie électrique, appareils de précision, passage Meslay, 25, boulevard Saint-Martin, à Paris.
- Delage**, Lieutenant de vaisseau, commandant l'*Isère*, à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
- Delaporte** (Paul-Émile), Ingénieur civil, 4, rue Laborde, à Paris.
- Delaunay** (Ernest-Baptiste), Galvanoplaste, 12, rue Saint-Gilles, à Paris.
- Delaunay-Belleville**, Ingénieur-Constructeur, Membre de la Commission centrale des Machines à vapeur, 17, boulevard Richard Wallace, à Neuilly-sur-Seine. M. F.
- Delgay** (Louis), Ingénieur civil, Directeur des Stations centrales d'Électricité d'Argelès-Gazost et Heil fils frères et C^{ie}, à Cauterets, 31, rue Porte-Neuve, à Pau (Basses-Pyrénées).
- Deligny** (Jules-Louis), Ingénieur-Constructeur électricien, *Maison Deligny et Bernard*, 104, rue Lauriston, à Paris.
- Demarchi** (Lamberto), Ingénieur, 65, via Napoli, à Rome (Italie). M. F.
- Dennis** (Félix), 147, rue Victor-Hugo, au Havre (Seine-Inférieure). M. F.
- Deplanque** (A.), Ingénieur civil, Directeur d'Usines à gaz, 13, rue Victor-Hugo, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Derry** (Fortuné-Jules), Directeur de la *Société d'éclairage et d'énergie électriques*, 6, rue de l'Équitation, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Descamps** (Georges), 5, rue de l'Aqueduc, à Paris.
- Deslandres** (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Pontoise (Seine-et-Oise).
- Desombre** (Paul-Édouard-Gaspard), Ingénieur des Arts et Manufactures, 886, Hasel, Baden (Suisse).
- Desrozières** (E.), Ingénieur électricien, ancien élève breveté de l'École supérieure des Mines de Paris, expert près les Tribunaux de la Seine, 10, avenue Frochot, à Paris. M. F.
- Desruelles** (Lucien), Ingénieur civil, Constructeur électricien, 22, rue Langier, à Paris. M. F.
- Desson** (Georges-Alfred), Ingénieur, Représentant de MM. *Sautter, Harté et C^{ie}*, et *A. Piat et ses fils*, 7, boulevard du Huit-Octobre, à Saint-Quentin (Aisne).
- Deutsch** (Émile), 54, avenue d'Iéna, à Paris. M. F.
- Dhien** (Étienne), Mécanicien électricien, télégraphe, 56, rue Philippe-de-Girard, à Paris.
- Dierman** (William), Ingénieur, 27, rue de la Sablonnière, à Bruxelles (Belgique).
- Dieudonné** (Émile), Ingénieur civil des Mines, 95, rue Perronet, à Neuilly (Seine) M. F.
- Dini** (Urbain), Directeur des ateliers de la *Maison Doignon*, 48, rue Gassendi, à Paris. M. F.
- Doignon** (Louis), Ingénieur-Constructeur, Successeur de la *Maison Dumoulin-Frogment et Doignon*, 85, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Domange** (Albert), Fabricant de courroies pour machines, 74, boulevard Voltaire, à Paris.
- Domon** (Ovide), Ingénieur électricien, Chef du Service électrique de la *Maison Joseph Farcot*, 6, rue Montesquieu, à Asnières (Seine).

- Dommer** (Fernand), Professeur, 12, rue Poisson, à Paris. M. F.
- Doyer** (H.), Ingénieur électricien, 40, rue Phœnixstraat, à Delf (Pays-Bas).
- Drago** (Lazare-Ange), Inspecteur des Télégraphes, à Ajaccio (Corse). M. F.
- Drognet** (Charles), Ingénieur des Télégraphes, 35, rue Rodrigues-Péire, à Bordeaux (Gironde). M. F.
- Drzewiecki** (Stephane), Ingénieur, 5, villa Damont, rue des Bauches, à Paris.
- Dubois** (Edmond), Professeur de Physique, 31, rue Cozette, à Amiens (Somme). M. F.
- Dubois** (Henri), 19, rue de Berri, à Paris, et à Dinart-Saint-Enogat (Ille-et-Vilaine).
- Dubranle** (A.), Constructeur électricien, 49, rue Notre-Dame-de-Nazareth, à Paris.
- Ducastel** (C.), Électricien, 61, rue Nationale, à Lille (Nord).
- Duchesne** (Eugène-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 25, rue des Petits-Hôtels, à Paris.
- Ducommun** (André), Directeur de la *Société régionale d'éclairage électrique*, à Avignon (Vaucluse).
- Ducousso** (Th.), Ingénieur, 3, rue Sainte-Beuve, à Paris. M. F.
- Ducretet** (E.), Constructeur électricien, Vice-Président du Syndicat des industries électriques, 75, rue Claude-Bernard, à Paris. M. F.
- Duez** (G.), Professeur de Mathématiques, 63, avenue Niel, à Paris.
- Dufaÿ** (Adrien), Chimiste, 7, rue Barbette, à Paris.
- Dufon** (Louis), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, Viborgskaia Storona, neuchlotski pereoulouk, 5, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Duhayon-Lainnet** (Fernand-Marie-Albert), Ingénieur, 20, rue du Luxembourg, à Paris.
- Dujardin** (P.-J.-R.), Héliographe, 28, rue Vavin, à Paris. M. F.
- Dulait** (Julien), Administrateur-Gérant de la *Société anonyme d'Électricité et Hydraulique*, à Charleroi (Belgique).
- Dumont** (G.), Ingénieur électricien, Ingénieur des Services techniques de l'Exploitation des Chemins de fer de l'Est, Professeur à l'École des hautes études commerciales, ancien Secrétaire des Comités de la Classe 62 à l'Exposition universelle de 1889, 110, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. M. F.
- Du Mont** (Alexis-Victor-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la *Compagnie Electro-Mécanique*, 68, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Dunarintzu** (Petré), Officier de la Marine royale roumaine, à Galatz (Roumanie).
- Dunion** (Louis), Inspecteur des Télégraphes, 34, rue Lacretelle, à Mâcon (Saône-et-Loire). M. F.
- Duquenoy** (Gustave-Louis), 2, rue du Château, à Saint-Omer (Pas-de-Calais). M. F.
- Durand** (Albert), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Chef des Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris.
- Dussaut** (François), 4, rue Alfred-Stevens, à Paris, et à Sauveterre de Guyenne (Gironde). M. F.
- Dvorak** (Vincent), Professeur de l'Université croate, à Agram (Autriche).
-
- Ebe** (Georges), Directeur de la *Compagnie d'Eclairage électrique du secteur des Champs-Élysées*, 92, boulevard de Courcelles, à Paris.
- Eck** (Néhémie), Ingénieur civil, 5, boulevard Pereire, à Paris.
- Egli** (Arthur), Industriel, 71, boulevard Magenta, à Paris.
- Eglin** (L.), Receveur des Postes et des Télégraphes, à Vincennes (Seine). M. F.

- Eligio-C.-Fernandez**, Electrician and Electric light Constructor, à Gibraltar.
- Elsner** (Jules), Ingénieur, 80, Lombard street, E. C., à London (Angleterre).
- Emery** (Louis), 59, rue Bonaparte, à Paris. M. F.
- Emmens** (Stephen-Henry), D. C. L., etc., 1, Broadway. New-York City, New-York (États-Unis). M. F.
- Emmott** (Walter), *Northern Telegraph Works*, Halifax, Yorkshire (Angleterre). M. F.
- Ermel** (Frédéric), 153, rue de Rome, à Paris. M. F.
- Escalante** (Docteur José), Professeur à l'Institut de Santander (Espagne).
- Eschbaecher**, Sous-Directeur du *Bureau international des Administrations télégraphiques*, à Berne (Suisse). M. F.
- Eschwège**, Directeur de la Société anonyme d'éclairage et de force par l'électricité, 13, rue La Fayette, à Paris.
- Fabri** (Ruggiero), Président du Collège des Ingénieurs de la province de Ravenne, 314, via Dante, à Ravenne (Italie). M. F.
- Fahie** (J.-J.), Claremont court, Claremont Hill, Jersey (Iles de la Manche). M. F. M. P.
- Falero** (Louis), 100, Fellows Road, London N. W. (Angleterre). M. F.
- Faramond de Lafajole** (Roger-Pierre-Joseph de), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Société des moteurs à pétrole ordinaire pour l'éclairage électrique*, 14, cité Vaneau, à Paris.
- Fargues** (J.), Membre de la *Société asiatique de Paris*, M. S. T. E., etc., Grande-Rue, 36, à Enghien (Seine-et-Oise). M. F. M. P.
- Farman** (Dick), Ingénieur électricien, Mécanicien, Ingénieur de la *Société Hermite*, 53, rue Lafayette, à Paris. M. P.
- Faroux** (Charles-Ernest), Ingénieur à la *Compagnie générale des Omnibus*, 58, rue Jacob, à Paris.
- Fasse** (J.-E.), 12, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.
- Fauhé** (Jean-Camille), Électricien de la Maison *Vilmorin-Andrieux*, 20, rue de la Reynie, à Paris.
- Fauconnier**, Ingénieur, 2, rue Verte, à Orléans (Loiret). M. F.
- Faugier** (Prosper), Capitaine au 58^e régiment d'infanterie, à Avignon (Vaucluse).
- Faure** (Camille-A.), Ingénieur électricien, 116, boulevard Richard Lenoir, à Paris, M. F.
- Faure** (Pierre), Ingénieur mécanicien, place du Champ-de-Foire, à Limoges (Haute-Vienne). M. F.
- Faure-Miller** (Dr Roland), Ancien interne des hôpitaux de Paris, lauréat de la Faculté de Médecine de Paris, 8, rue Miromesnil, à Paris. M. F.
- Faux** (Léon), Gérant du Peignage de laine à la Galoperie-sur-Anor, à Anor (Nord).
- Fayard** (Prosper), Juge suppléant, 35, avenue Denfert-Rochereau, à Saint-Étienne (Loire). M. F.
- Faye** (A.-H.), Membre de l'Institut, 95, avenue des Champs-Élysées, à Paris. M. F. M. H.
- Fayot** (Louis), Ingénieur, Directeur des ateliers de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris.
- Félix** (C.), Ingénieur électricien, à la Sucrerie de Sermaize (Marne). M. F.

- Felten et Guillaume**, Ingénieurs constructeurs, Électriciens, Carlswerk, à Mulheim-sur-Rhin (Allemagne). M. F.
- Ferry** (Émile-Maurice), Électricien, Mécanicien breveté de 1^{re} classe, Mécanicien des Postes et Télégraphes (central), à Marseille, boulevard de la Major, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Fesquet** (Émile), Directeur de l'*Usine de la Société pour le travail électrique des métaux*, 4, quai de Seine, à Saint-Ouen (Seine). M. F.
- Filliet** (J.-W.-E.), Ingénieur électricien, 92, rue La Fayette, à Paris.
- Filleul-Brohy** (Georges), Directeur associé de la *Maison Houry et C^{ie}*, 60, rue de Provence, à Paris.
- Fitzgerald** (George-Francis), School of Engineering, Trinity College, à Dublin (Ireland). M. F.
- Foiret** (Anatole), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.
- Fontaine** (Auguste), Rentier, 67, rue de la Boétie, à Paris.
- Fontaine** (Eugène-Paul), Ingénieur-Conseil, Secrétaire général du Syndicat professionnel des Usines d'Électricité, 27, rue Tronchet, à Paris.
- Fontaine** (G.), Instruments de Physique et de Chimie, 18, rue Monsieur-le-Prince, à Paris.
- Fontaine** (Hippolyte), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société des machines magnéto-électriques Gramme*, 52, rue Saint-Georges, à Paris. M. D. M. P.
- Fonville** (André), Ingénieur, Chef du Service électrique, chez MM. Japy frères, à Beaucourt (territoire de Belfort).
- Forbes** (Professeur George), M. A., F. R. S., 34, Great George Street, Westminster, London, S. W. (Angleterre).
- Fortin-Herrmann** (Adolphe), 138, boulevard du Montparnasse, à Paris. M. F.
- Fould** (Léon), 30, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. M. F.
- Foureault** (Alfred), Ingénieur à la *Société générale des industries économiques*, 101, avenue de Labourdonnaix, à Paris.
- Fournier** (Victor), Ingénieur, concessionnaire de l'éclairage électrique et de la distribution d'eau des villes de Caussade et Sepfonds, à Caussade (Tarn-et-Garonne).
- Foveau de Courmelles** (D^r), Lauréat de l'Académie de Médecine, Licencié ès Sciences physiques, ès Sciences naturelles, en Droit, Professeur libre d'Électrothérapie, 26, rue de Châteaudun, à Paris.
- Foy** (Fernand), Ingénieur de la succursale de l'*Action Elektrizitäts Gesellschaft vormals W. Lahmeyer et C^{ie}*, Francfurt-Main; 34, strada Dionisie, Bucarest (Roumanie).
- François** (Jules-Victor), Ingénieur-Électricien, Directeur de la *Moaisn Gally et Viette (succursale de Cannes)*, 89, rue d'Antibes, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Frédéric-Moreau** (F.), Ingénieur civil des Mines, 98, rue de la Victoire, à Paris. M. F.
- Fribourg** (G.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes en retraite, 11, place Malesherbes, à Paris. M. F.
- Friedel** (Ch.), Membre de l'Institut, 9, rue Michelet, à Paris. M. F.
- Frings** (Maurice), Cotons à coudre L. V., 106, rue Saint-Denis, à Paris. M. F.
- Frison fils** (Émile), Applications industrielles de l'électricité, aux forges de Bologne, (Haute-Marne). M. F.
- Frouin** (André), Ingénieur des Télégraphes, 2, rue de Fleurus, à Paris. M. F.

- Gaiffe** fils (Georges), Ingénieur électricien, 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris. M. F.
- Gallice** (Georges), ancien Élève de l'École Polytechnique, 10, rue d'Anjou, à Paris. M. F.
- Gallini** (Aristide), Capitaine de vaisseau en retraite, à Granville (Manche).
- Gally** (Georges), Électricien, 20, rue Baudin, à Paris. M. F.
- Gamard** (Gustave), Professeur à l'*Association philotechnique*, 24, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, à Paris.
- Gamare** (abbé), Fondateur de l'Orphelinat de Rolleville, par Montivillière (Seine-Inférieure). M. F. M. P.
- Gariel** (C.-M.), Professeur à la Faculté de Médecine, 6, rue Edouard-Detaille, à Paris. M. F.
- Garnier** (Hubert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 26, rue Boursault, à Paris.
- Garnier** (Paul), Horloger mécanicien, Fabricant d'horlogerie électrique, 16, rue Taitbout, à Paris. M. F.
- Gatehouse** (T.-E.), A. M. I. C. E.; M. I. E. E.; M. I. M. E., *Editor Electrical Review*, 4, Ludgate hill, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Gaulne** (de), Ingénieur électricien, rue Vital-Carles, à Bordeaux (Gironde).
- Gaultier** (Georges), Ingénieur, 14, rue Dumont-d'Urville, à Paris.
- Gaumont** (Léon), Directeur du *Comptoir général de Photographie*, 57, rue Saint-Roch, à Paris.
- Gaumy** (René-Marcel), Ingénieur à la Compagnie continentale Edison, 8, avenue d'Orléans, à Paris. M. P.
- Gaupillat** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 13, place des Vosges, à Paris.
- Gautard** (Pierre), Ingénieur aux *Usines du Creusot*, 6, rue de l'Abbé-Perrot, au Crousot (Saône-et-Loire). M. F.
- Gauthier-Villars**, ancien Élève de l'École Polytechnique, Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.
- Gautier** (Georges), Docteur en Médecine, Directeur du Laboratoire d'Électrothérapie, 13, rue Auber, à Paris.
- Genteur** (D.-A.), Ingénieur civil, 88, boulevard de Versailles, à Suresnes (Seine).
- Geoffroy** (Eugène), Manufacturier, 2, rue Portalis, à Paris. M. F.
- Gérard** (Eric), Directeur à l'*Institut électrotechnique Montefiore*, 43, rue Saint-Gilles, à Liège (Belgique).
- Gérard-Lescuyer** (J.-M.), Ingénieur constructeur, 16, rue des Grandes-Carrières, à Paris. M. F.
- Gérente** (Dr William), 28, rue Saint-Petersbourg, à Paris.
- Gibbings** (Alfred-H.), Ingénieur et Directeur technique de la Station d'Électricité municipale de Bradford, Hôtel de Ville, à Bradford (Angleterre).
- Gil de los Reyes** (Federico), Directeur-gérant de la fabrique de Gaz et d'Électricité Enrique de las Marinas, 11, à Cadix (Espagne).
- Gilbert** (Eugène), Chimiste, Directeur-Gérant de l'Établissement métallurgique de la *Société des Joailliers, Bijoutiers et Orfèvres*, 39, rue des Francs-Bourgeois, à Paris.
- Gilbert-Pierre**, Ingénieur, 99, rue du Conseil, à Saint-Denis (île de la Réunion).
- Giltay** (J.-W.), Ingénieur électricien, successeur de Kipp et Zonen, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 202, Oude Delft, à Delft (Pays-Bas).
- Gin** (Gustave), Ingénieur conseil, 28, rue de Saint-Petersbourg, à Paris.

- Girard** (Charles), Directeur du *Laboratoire municipal*, 2, rue de la Cité, à Paris. M. F.
- Girard** (Constant-Louis), Ingénieur à la *Compagnie Électro-Mécanique*, 5, boulevard Henri IV, à Paris.
- Girault** (Paul-Eugène), Ingénieur, Directeur du Service technique de l'usine de la *Compagnie Blot*, à Boves (Somme).
- Gladstone** (Dr John Hall), F. R. S., 17, Pembridge Square, London (Angleterre). M. F. M. P.
- Glasewski** (A.), 8 bis, rue du Trianon, au Perreux (Seine). M. F.
- Godfroy** (Fernand), Directeur des Postes et des Télégraphes, hors cadre, Directeur des Services de la *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, à Brest (Finistère).
- Godron** (Paul), Inspecteur général du Génie maritime, 18, rue du Vieux-Colombier, à Paris. M. F.
- Goirand** (Léonce), Avoué à la Cour d'appel, 15, rue des Saints-Pères, à Paris. M. F.
- Goldschmidt** (D^r), 20, Johannistrasse, à Berlin (Allemagne). M. F.
- Goldschmidt** (Léopold), 10, rue Murillo, à Paris. M. F.
- Goldsmith** (Ferdinand), Ingénieur des ateliers de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 22, rue Mozart, à Paris.
- Gosse** (Émile), Électricien, 37, cours de Vincennes, à Paris (Seine).
- Gosselin** (Xavier), Chef des travaux électriques à l'École centrale des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Société internationale des Électriciens*, 12, rue de Saint-Quentin, à Paris.
- Goubaux** (Gaston-Xavier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, chargé de laboratoire à l'usine municipale d'Électricité des Halles centrales, 71, rue de la Tour, à Paris.
- Goubé** (Albert), Ingénieur à la *Compagnie parisienne du Gaz*, 23, rue d'Hauteville, à Paris.
- Gounouilhau** (G.), 11, rue Guiraud, à Bordeaux (Gironde).
- Gramme** (Zénobe), Ingénieur électricien, 20, rue d'Hautpoul, à Paris. M. D. M. P.
- Grandidier** (Alfred), Membre de l'Institut, 6, rond-point des Champs-Élysées, à Paris.
- Graves** (James), M. I. E. E., à Valentia (Ireland). M. F.
- Gravier** (Jean-Charles), Ingénieur électricien, à Pierre-Bénite (Rhône).
- Gray** (C.-H.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.
- Gray** (Robert-K.), 106, Cannon Street, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Gray** (W.-E.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.
- Grenier** (Ulysse), 14, rue Jean-Jacques-Rousseau, à Paris. M. F.
- Griffisich** (G.-J.), Ingénieur civil, Professeur de Mécanique appliquée à l'*Union française*, Ingénieur de la *Compagnie Clément, Gladiator, Humbert limited (Usines Clément)*, 27, rue Descombes, à Paris.
- Grosjean** (Albert), Directeur et Fondé de pouvoirs de la Maison *Leclanché*, 158, rue Cardinet, à Paris.
- Grosselin** (Marie-Joseph), Ingénieur civil des Mines, Agent pour Paris de la *Société des Câbles Berthoud-Borel*, 69, avenue Henri-Martin, à Paris.

- Guasson** (B.), Commis principal des Postes et des Télégraphes, à Limoges (Haute-Vienne). M. F.
- Guénée** (Albert-Charles-James), Constructeur, Lieutenant de vaisseau de réserve, 14, rue des Bois, à Paris.
- Guénet** (Jules), Fabricant d'appareils électriques, 5, rue Montmorency, à Paris.
- Guérin de Litteau** (Edgar), Ingénieur civil, Administrateur de la *Compagnie transatlantique*, 6, rue de Clichy, à Paris.
- Guerre** (Gaston-Pierre-Alfred), Ingénieur, 8, rue du Pont-Neuf, à Lille (Nord).
- Guery** (François-Charles), Agent de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, 5, rue du Fort, à Fontenay-sous-Bois (Seine).
- Guglielmini** (Émile-Antonio), Électricien, 23, quai de la Pêcherie, à Corbeil (Seine-et-Oise).
- Guilbert** (Cyrille-Fernand), Ingénieur électricien, 18, rue de la Jonquière, à Paris.
- Guilhem** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, 3 A, Sobrado rua Florencio d'Abren, à São Paulo (Brésil).
- Guillaume** (Charles-Édouard), Attaché au *Bureau des Poids et Mesures*, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).
- Guillemart** (Edmond), Ingénieur électricien, 87, rue Clovis, à Reims (Marne). M. F.
- Guitton** (Adrien), Ingénieur, 22, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire). M. F. M. P.
- Gutperle** (A.), Administrateur-délégué de la *Térébenthine française*, 8, rue Nollet, à Paris. M. F.
-
- Hadamard** (D.), 53, rue de Châteaudun, à Paris. M. P.
- Hallez** (Charles), Capitaine de frégate, 5, cité d'Antin, à Brest (Finistère). M. F.
- Hamilton** (Georges-A.), Ingénieur de la *Western Electric Co*, 532, Morris Avenue, Elisabeth, New-Jersey (U. S. A.). M. F.
- Hammer** (Jean), Ingénieur-Conseil, 58 bis, rue de Metz, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Hanning** (William), Ingénieur, 191, rue de l'Université, à Paris.
- Harlé** (Émile), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, Associé gérant de la *Maison Sautter-Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris.
- Hauser** (Henri), Ingénieur des Mines et Électricien, rue Zorrilla, n° 33, à Madrid (Espagne). M. P.
- Hebbert** (W.-E.-G.), M. A., 18, Calverley Park Gardens, Tunbridge Wells (Angleterre). M. F.
-
- Heilmann** (Jean-Jacques), Ingénieur électricien, 38, rue de Laborde, à Paris.
- Heilmann** (Josué), Ingénieur de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, avenue du Lycée, à Belfort.
- Héliand** (comte d'), Ex-Secrétaire général de l'*Exposition internationale d'Électricité de Paris en 1881*, 21, boulevard de la Madeleine, à Paris. M. F.
- Heller** (Richard), Électricien, 18, cité Trévisé, à Paris.
- Helmer** (Oscar), Ingénieur en chef du service électrique des *Usines Schneider et Cie*, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Henrique** (Frédéric), Ingénieur des Arts et Manufactures, 37, rue Montgrand, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

- Henry** (Adolphe), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur sortant de l'École supérieure d'Électricité, Attaché au Service électrique de la gare de Lyon, 9, rue Jules-César, à Paris.
- Henry** (Paul), Astronome à l'Observatoire de Paris, 22, rue Périer, à Montrouge (Seine).
- Henry** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Raffinerie Sommier*, 145, rue de Flandre, à Paris. M. F.
- Hérard** (F.), Ingénieur civil, 6, rue d'Assas, à Paris.
- Herbault** (Charles), Président du Syndicat des Usines d'Électricité, 18, rue Roquépine, à Paris.
- Hering** (Carl), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.).
- Herrchillet** (F.-J.), Lieutenant de vaisseau en retraite, décoré de la Légion d'honneur et de plusieurs Ordres, 93, place de l'Étape, à Fontainebleau (Seine-et-Marne).
- Herrenschmidt** (Henri), ancien chef des travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 10, boulevard de Magenta, à Paris.
- Herrmann** (Ernest), Ingénieur, Agent général du système *Holroyd Smith*, 24, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris.
- Hertzog** (Gustave), Architecte-expert, 7, rue Saint-Louis, à Metz (Alsace).
- Herzenstein** (K.), Ingénieur électricien, 6, rue de Candole, à Genève (Suisse).
- Heurtey** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 55, rue de Châteaudun, à Paris.
- Hiberty** (Alfred), Inspecteur du Matériel et de la Traction du *Chemin de fer d'Orléans*, à Ablon (Seine-et-Oise). M. P.
- Hillairet** (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris. M. P.
- Hirsch** (Joseph), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 1, rue de Castiglione, à Paris. M. F.
- Horn** (Émile), 16, rue Daubigny, à Paris.
- Hospitalier** (Édouard), Professeur à l'École de *Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris*, 12, rue de Chantilly, à Paris. M. F.
- Houdard** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Attaché à la *Société industrielle de moteurs électriques et à vapeur*, 10, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Houllevigne** (Louis), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, à Lyon (Rhône).
- Huet** (Charles-Edmond), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, ancien Directeur administratif des travaux de Paris, 12, boulevard Raspail, à Paris. M. F.
- Hughes** (Professeur D. E.), F. R. S., care of the London Joint Stock Bank, 69, Pall Mall, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Hugues**, Électricien attaché à la *Société du Gaz de Marseille*, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Huguet** (Alphonse-Charles-Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Juge au tribunal de Commerce de la Seine, Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.
- Hunter** (Rudolph-M.), Mechanical expert, 926, Walnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.). M. F.
- Hurmuzescu** (Dragomir), Directeur de lycée, Professeur à l'Université de Jassy, à Jassy (Roumanie).

- Immisch** (Moritz), 102, Follington Park, London N. W. (Angleterre). M. F.
Izard (Justin), Ingénieur des Télégraphes, Direction des Postes et des Télégraphes, à Alger (Algérie).
- Jacomet** (Charles-Alexandre), Directeur-Ingénieur des Postes et des Télégraphes en retraite, 101, rue de Rennes, à Paris. M. F.
Jacques, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Tunis (Tunisie). M. F.
Jacquín (Charles), Ingénieur électricien, 18, rue Friant, à Paris.
Jacquín (Louis-Paul), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du secteur des Champs-Élysées*, 55, boulevard Beauséjour, à Paris.
Jaeggé (Charles), Constructeur mécanicien, 97, avenue de Choisy, à Paris.
Janet (Paul), Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du *Laboratoire central* et de l'*École supérieure d'Électricité*, 6, rue du Four, à Paris.
Jannettaz (Paul), Ingénieur, Répétiteur à l'École centrale des Arts et Manufactures, Secrétaire de la *Société des Ingénieurs civils*, 68, rue Claude-Bernard, à Paris.
Janssen, Membre de l'Institut, Directeur de l'observatoire de Meudon, à Meudon (Seine-et-Oise). M. F.
Janssen (Pierre-Eugène), Banquier, 32, rue de Trévise, à Paris.
Japy (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, Industriel, à Beaucourt (territoire de Belfort).
Jarre (Léon-Henri), Ingénieur électricien attaché à la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 2, rue des Pyramides, à Paris.
Jarriant jeune (Antoine-Mario), Fabricant de fils électriques, 75 et 77, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, à Paris.
Jarriant (Joseph), Électricien, 75 et 77, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, à Paris.
Jaspar (Joseph), Constructeur électricien, 12, rue Jonfosse, à Liège (Belgique). M. F.
Javal (Jean-Félix), Ingénieur électricien, 5, boulevard de la Tour-Maubourg, à Paris. M. P.
Javaux (Émile), Directeur des Ateliers de la *Société Gramme*, 33, rue Clavel, à Paris. M. P.
Jeantaud (Charles), 51, rue de Ponthieu, à Paris. M. F.
Jelenkovski (Jules), Ingénieur, poste restante, à Saint-Petersbourg (Russie).
Jénot (Lucien-Gabriel), Ingénieur principal de la maison Breguet, 18, rue Thibaut, à Paris.
Jénot (Célestin), Ingénieur, Chef de service de la force motrice aux Chantiers navals, ateliers et fonderies de Nicolaïeff, à Nicolaïeff (Russie méridionale).
Jigouzo (Paul), Ingénieur civil des Mines, 7, rue Jullion, à Vanves (Seine).
Joly (Maurice), Électricien, 3, cité du Retiro, à Paris.
Jordery (C.), 190, rue de Grenelle, à Paris. M. F.
Josse (Hippolyte), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur conseil en matière de brevets d'invention, 58^{bis}, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.
Joubert (Arigle), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Faïencerie de Gien*, à Gien (Loiret).
Joubert (J.), Inspecteur général de l'Instruction publique, 67, rue Violet, à Paris.
Jouët (Georges), 60, rue Pierre-Charron, à Paris. M. F.

- Journaux** (J.), 56, rue des Cévennes, à Paris. M. F.
- Jouvenel** (Albert), Ingénieur à la maison Breguet, 3, rue Quatrefoies, à Paris.
- Juppont** (Pierre), Ingénieur-conseil électricien, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.
- Kareis** (Josef), Ex-Secrétaire de l'*Exposition internationale d'Électricité de Wien*, 7, Niebelungengasse, à Wien (Autriche). M. F.
- Keller** (Théophile), Ingénieur, Chef du Bureau des Études pour les applications de l'Électricité à la Mécanique (maison Breguet), 3, passage Soissons, à Malakoff (Seine).
- Keller** (Albert), Ingénieur, 28, rue de Saint-Petersbourg, à Paris.
- Kelvin** (Lord), G. C. V. 6; L. L. D., F. R. S., the University Glasgow (Écosse).
- Kempe** (H.-R.), Engineer in chief's Office, General Post Office, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Kerchove** (Prosper Van den), Sénateur, 183, coupure, à Gand (Belgique). M. F.
- Kericuff** (Pierre-François-Hyacinthe de), à Henvic, par Taulé-Penzé (Finistère). M. F. M. P.
- Kerkwyk** (J.-J. Van), Membre des États généraux, Conseiller des Télégraphes, Ingénieur civil, Administrateur du *Chemin de fer d'Anvers à Rotterdam*, à La Haye (Pays-Bas). M. F.
- Khotinsky** (Capitaine A. de), *care of Western Electric Co*, Chicago, Illinois (U.S.A.).
- Kleine** (Augusto-Frédéric), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 9, avenue de la Bourdonnais, à Paris.
- Korda** (Désiré), Ingénieur, Chef du Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 64, rue Caumartin, à Paris.
- Korda** (Jules), Directeur commercial de la *Société française de l'Ambroine*, 9, rue de Naples, à Paris.
- Kowalski** (Joseph de), Professeur de Physique à l'Université de Fribourg, à Fribourg (Suisse).
- Krafft** (Victor), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie napolitaine du Gaz*, 138, via di Chiaja, à Naples (Italie). M. P.
- Krakau** (Alexandre), Professeur à l'Institut électrotechnique de Saint-Petersbourg, Novo-Issakijewskaja, 18, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Krebs** (le Commandant), 19, avenue d'Ivry, à Paris.
- Kriéger** (Louis), Ingénieur électricien, 39, avenue Marceau, à Courbevoie (Seine).
- Krizik** (Franz), Ingénieur électricien, ancien Élève de l'École Polytechnique slave de Prague, à Prague (Autriche).
- La Boulaye** (de), ancien Administrateur des Postes et des Télégraphes, 20, rue Las Cases, à Paris. M. F.
- Labour** (Édouard), Ingénieur des ateliers de la Société l'*Éclairage électrique*, 71, boulevard Montparnasse, à Paris.
- Labry** (Comte de), Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, 51, rue de Varennes, à Paris. M. F.
- Lacauchie** (Lucien), Ingénieur civil, Chef du Laboratoire de la *Compagnie générale des Omnibus*, 154, boulevard Magenta, à Paris.

- Lacoine** (Émile), Conseiller électricien du Gouvernement, passage du Tunnel, A, Péra, Constantinople (Turquie). M. F.
- Lacour** (Alfred), ancien Élève de l'École Polytechnique, 60, rue Ampère, à Paris.
- Lacretelle** (Gaston), Administrateur-Délégué de la Société de *Force et Lumière électriques*, 9, rue de Rocroy, à Paris.
- Laffargue** (Joseph), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur électricien, 70, boulevard Magenta, à Paris.
- Laffont** (D^r), Prof^r de la Faculté de Médecine de Lille, 245, rue St-Honoré, à Paris. M. F.
- Laforge** (Ernest), Ingénieur à la *Compagnie parisienne d'air comprimé*, 1, villa Sainte-Foy, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Lagabbe** (Charles-Edmond de), Ingénieur électricien aux *Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 42, rue Hoche, à La Seyne (Var).
- Lahausse** (Albert-Alexandre de), Représentant de la maison Breguet, 18 bis, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Lajaunie** (Émile-François-Louis-Paul), Ingénieur à la *Compagnie des accumulateurs Blot*, 12, rue Gay-Lussac, à Paris.
- Lalance** (Auguste), Administrateur-Délégué de la *Société d'Éclairage du Secteur de la place Clichy*, 53, rue des Dames, à Paris.
- Lalande** (Félix de), Ingénieur civil, 183, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. F.
- Lallement** (Maurice), ancien Ingénieur de la *Société générale des Téléphones*, Inspecteur de l'*Association des Industriels de France*, 22, rue Nicolas-Perceval, à Reims (Marne). M. F.
- Lamprecht** (Rodolphe), Ingénieur du Polytechnique de Milan, Directeur de la *Société française Blahnik*, 14, rue de l'Époque, à Gagny (Seine-et-Oise).
- Langlois** (Victor-Louis-Marie), Constructeur-Électricien, 9, place du Parc, à Sèvres (Seine-et-Oise).
- Lapointe** (Albert), Fabricant de bronzes, Éclairage électrique, 100, rue Amelot, à Paris.
- Laporte** (Frédéric-Claude-Marie), Ingénieur civil des Mines, ancien élève de l'École Polytechnique, Chef des travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Saint-Simon, à Paris.
- Laporte** (Régis), Ingénieur, Station centrale d'Électricité de Saïgon, à Saïgon (Cochinchine).
- Larat** (D^r Jules), 48, rue de Laborde, à Paris.
- Lardy** (Auguste), Ingénieur, Directeur des forges et aciéries de Basse-Indre (Loire-Inférieure). M. F.
- Larnaudé** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de lampes à incandescence, 19, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Lasnier** (Jean-François), Ingénieur, 33, rue Greuze, à Paris.
- Latchinoff** (Dimitry), Professeur à l'Institut des Bois et Forêts, à Saint-Pétersbourg (Russie). M. F.
- Launay** (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 35, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris.
- Laurent** (Victor-Constant), Co-Concessionnaire de l'Exploitation pour la France et les Colonies de la lampe *Sandus*, Chef d'Exploitation, 26, boulevard Poissonnière, à Paris.
- Laurain** (Henri), Ingénieur de la *Compagnie anonyme Continentale des Compteurs*, 9, rue Pétrele, à Paris.

- Lauriol** (Pierre), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur aux Services généraux d'éclairage de la Ville de Paris, 83, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- Laval**, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Bar-le-Duc (Meuse). M. F.
- Lavergne** (Gérard), Ingénieur civil des Mines, 19, quai de la Fontaine, à Nîmes (Gard). M. F.
- Lavezzari** (André), Ingénieur civil, Directeur des *Ateliers Frielmann*, 42, rue Blanche, à Paris.
- Laymet**, ancien Ingénieur en chef de la *Société industrielle franco-italienne*, à Tivoli, près de Rome (Italie).
- Léauté** (Henri), Membre de l'Institut, Administrateur délégué de la *Société industrielle des Téléphones*, 25, rue du Quatre-Septembre, à Paris.
- Le Baron**, Ingénieur électricien, 199, rue Lecourbe, à Paris. M. F.
- Lebaupin** (Gustave-Louis), Ingénieur, 79, rue de la Pointe, à la Garenne-Colombe (Seine).
- Leblanc** (Maurice), 1, avenue de Boufflers, villa Montmorency, Paris-Auteuil. M. F.
- Lecerf** (Félix-Achille), Ingénieur des Arts et Manufactures, villa Cora, Petit Juas, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Le Chatelier**, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Leclaire** (Joseph), Constructeur, 6, square de l'Opéra, à Paris.
- Leclanché** (Maurice), Industriel, 114, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Le Cordier** (Paul), Docteur ès Sciences, Chargé d'un cours à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, 3, place Lecoq, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). M. F.
- Leduc** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef de l'Exploitation des *Tramways de Roubaix et Tourcoing*, 336, Grande-Rue, à Roubaix (Nord).
- Lefèvre** (Étienne-Marie-Alexandre), Architecte, Chef de Section à la *Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.*, à Caroubier, par La Londe (Var).
- Legendre** (Henri), Rédacteur à la Direction des Postes et Télégraphes de la Manche, 7, rue du Neufbourg, à Saint-Lô (Manche).
- Le Gentil-Parent** (A.), 53, faubourg Ronville, à Arras (Pas-de-Calais). M. F.
- Legrand** (Emmanuel), Ingénieur électricien diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Licencié ès-sciences physiques, 18, rue Chauveau-Lagarde, à Paris.
- Lehideux** (Charles), Électricien, 19, rue Saint-Yves, à Brest (Finistère).
- Lejeal** (Adolphe), Préparateur du Cours de Métallurgie au Conservatoire national des Arts et Métiers, 49, rue de Chabrol, à Paris.
- Lejeune** (Léon-Jacques-Alexandre), Ingénieur, E. C. P.; à Thury-Marcourt (Calvados).
- Le Maréchal** (E.), à Saint-Servan (Ille-et-Vilaine). M. F.
- Le Neve-Foster** (Arthur), 61, Cadogan square, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Lépine** (Albert), Ingénieur électricien, 8, avenue Carnot, à Paris.
- Lequeux** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, 64, rue Gay-Lussac, à Paris. M. F.
- Leray** (Marcel), Ingénieur électricien, *Compagnie parisienne des Sciences industrielles*, 23, rue des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.
- Le Roux**, Ingénieur en Chef de la *Compania primitiva de Gas*, à Buenos Ayres (République Argentine).
- Le Roy** (Fernand), Ingénieur du Ministère des Finances, ancien Ingénieur en chef de la *Compagnie nationale d'Électricité* (système Ferranti), 60, rue Cortambert, à Paris.

- Leroy** (Jules-Léon), Représentant de la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 103, rue de Metz, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Leroy** (Maurice), ancien Officier de Marine, Ingénieur électricien, 5, rue T.-Lemonnier, à Paris.
- Lesage** (Edmond-Jean-Baptiste), Inspecteur de la *Société du gaz franco-belge*, 113, avenue de Villiers, à Paris.
- Lesourd** (Paul), Président de la Chambre de commerce de Tours, 34, rue Néricault-Destouches, à Tours (Indre-et-Loire). M. F.
- Lévy** (Amédée), Ingénieur-adjoint à la *Compagnie du gaz de Bordeaux*, Licencié ès Sciences mathématiques, 5, rue de Condé, à Bordeaux (Gironde).
- Lévy** (Augusto-Edmond), Ingénieur, Chef de Service de la *Compagnie parisienne du gaz*, 6, rue Condorcet, à Paris.
- Lévy** (Émile), Ingénieur, E. C. P., 38, rue Gay-Lussac, à Paris. M. F.
- Lewis** (H. F. W.), M. I. E. E.; A. I. C. E., Redlands, 48, Sydenham Road, Croydon, Surrey (Angleterre). M. F.
- Liébaut** (A.), Ingénieur, Président honoraire de la *Chambre syndicale des mécaniciens de Paris*, 72, avenue Marceau, à Paris.
- Limb** (Claudius), Docteur ès Sciences, Ingénieur-Conseil de la *Maison Gindre frères et Cie*, Préparateur à la Sorbonne, 58, rue Coste, à Cuire (Rhône).
- Lindé** (Isidore), Ingénieur électricien, *Morossetka, Maison Leonof*, à Moscou (Russie).
- Lippmann** (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, 10, rue de l'Éperon, à Paris. M. F.
- Locherer** (Jacques-Joseph-Auguste), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 45, rue Ampère, à Paris.
- Lodyguine** (Alexandre de), Ingénieur électricien, 17, rue Gassendi, à Paris.
- Lœvenbruck** (Émile-François-Marie), Ingénieur, Constructeur électricien, à Maromme (Seine-Inférieure).
- Lœwy** (Maurice), Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, à Paris. M. F.
- Loménie** (Charles de), Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris.
- Loppé** (François), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris.
- Lorain**, Ingénieur des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris.
- Loreau** (A.), Ingénieur et Conseiller général du Loiret, aux Roches, par Briare (Loiret).
- Lorin** (Charles-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Compagnie nationale d'Électricité (système Ferranti)*, 24, boulevard Voltaire, à Paris.
- Lorrain** (J.-G.), Norfolk House, Norfolk Street, London W. C. (Angleterre). M. F.
- Lourme**, Directeur des Postes et des Télégraphes de la Cochinchine et du Cambodge, à Saïgon (Cochinchine). M. F.
- Lucas** (Félix), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 26, rue Freycinet, à Paris. M. F.
- Luneau-Clayeux** (Louis), Électricien, à Auxerre (Yonne).
- Luynes** (Victor de), Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, 16, rue de Bagnaux, à Paris. M. F.
- Lyon** (Max), Ingénieur, 83, avenue du Bois-de-Boulogne, à Paris. M. F.

- Macquet** (A.), Ingénieur au corps des Mines, Professeur de Physique et d'Électricité, Directeur de l'École des Mines du Hainaut, 22, boulevard Dolez, à Mons (Belgique).
- Magee** (Louis-J.), Ingénieur électricien, *Union Elektricitäts-Gesellschaft*, Hollmannstrasse, 32, à Berlin (Allemagne).
- Mailly** (Paul-Marc), Ingénieur des Arts et Manufactures, 12, rue d'Épernon, au Havre (Seine-Inférieure).
- Maisonneuve** (Similien-François), Ingénieur des Arts et Manufactures, château de la Roche-Hervé, à Missillac (Loire-Inférieure). M. F. M. P.
- Malterre**, Ingénieur électricien, 9, rue Laugier, à Paris.
- Mandroux** (L.), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 9, rue d'Odessa, à Paris. M. F.
- Maquaire** (F.-A.), Ingénieur électricien, 3, avenue du Maine, à Paris.
- Marais** (Émile-Marie-Christophe du), Ingénieur civil des Mines, 4, rue Chauchat, à Paris.
- Maréchal** (Charles-Louis), Chef d'atelier de l'École supérieure d'Électricité, 163, avenue de Suffren, à Paris.
- Maréchal** (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur du *Secteur municipal d'Électricité*, 32, avenue Carnot, à Paris.
- Marey** (Étienne-Jules), Membre de l'Institut, 11, boulevard Delessert, à Paris. M. F.
- Marks** (Louis-B.), M. M. E., 687, Broadway, New-York City (États-Unis).
- Mars** (André-Jean-Baptiste), Installation générale d'appareils électriques, 18, rue de Châteaudun, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Martin** (A.), Électricien, 52, avenue de la Gare, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Martin** (E.), 42, route de Condé, à Valenciennes (Nord).
- Martin** (Gabriel-Auguste), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 20, rue Richer, à Paris.
- Martin** (Louis de), à Montrabech, près Lezignan (Aude). M. F. M. P.
- Mascart** (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris. M. P.
- Massey** (William-Henry), M. Inst. C. E., Ingénieur à la Cour de Sa Majesté Britannique, Twyford R. S. O. Berks (Angleterre). M. F. M. P.
- Masson** (Georges), Éditeur, 120, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. F.
- Masson** (Léon-Noël), Ingénieur, Sous-Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.
- Mathieu** (Émile-Léopold), Directeur d'Usines à gaz, à Menin (Belgique).
- Mathieu** (Émile), Ingénieur civil, 41, rue de Chaillot, à Paris.
- Mathieu** (J.-F.), Ingénieur, constructeur électricien, 6, rue Choron, à Paris.
- Mauclerc** (Alexandre-Léon), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones*, 7, rue Poussin, à Paris.
- Mauduit** (Alexandre-Maurice-Julien), Ingénieur électricien à la *Compagnie d'Électricité O. Patin*, 6, rue du Centenaire, à Puteaux (Seine).
- Maugras** (Hubert-Louis-Henri), Ingénieur, 7, rue Le Chatelier, à Paris.
- Mazen** (Antoine-Natalis), Inspecteur principal du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'Ouest, 35, rue Magenta, à Asnières (Seine).
- Mehault** (François), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord). M. F.
- Mendiola** (Y. de), 2, rue Glück, à Paris.

- Menges** (C.-L.-R.-E.), à Villa Mar, à Scheveningue (Hollande). M. F.
- Ménier** (Gaston), Député, 56, rue de Châteaudun, à Paris.
- Ménier** (Honri), 8, rue de Vigny, à Paris. M. F.
- Menj** (Adolphe-Godefroy), Ingénieur de la *Compagnie des Entrepôts et Magasins généraux de Paris*, 5, rue Milton, à Paris.
- Mensbrugghe** (Gust. van der), Prof^r à l'Université de Gand, à Gand (Belgique). M. F.
- Mercadier** (E.), Directeur des études de l'École Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes, 21, rue Descartes, à Paris. M. F.
- Mercet**, Président de la *Société française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 59, rue de Provence, à Paris.
- Mermet** (Achille), Agrégé de Chimie au Lycée Charlemagne, Chef de Laboratoire à l'École centrale des Arts et Manufactures, 8, quai Henri IV, à Paris.
- Meurling** (Lars-August), Directeur des Télégraphes des chemins de fer de l'État suédois, à Stockholm (Suède).
- Meyer** (Eugène), Ingénieur, Directeur de l'Écho des Arts et Manufactures, 25, rue Bleue, à Paris.
- Meyer** (Ferdinand), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie continentale Edison*, 28, rue de Châteaudun, à Paris.
- Meyer** (Georges), Ingénieur électricien à la *Compagnie continentale Edison*, 54, rue de la Bienfaisance, à Paris.
- Meyer** (Marcel), Ingénieur en chef de la *Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force* (anciens établissements Clémanson), 90, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.
- Meyer-May** (Albert), Ancien élève de l'École Polytechnique, Directeur des constructions électriques à la *Société des Téléphones*, 54, rue de Prony, à Paris.
- Meylan** (Eugène), Ingénieur civil, 45, rue de Suez, à Champigny (Seine).
- Midoz** (Ch.), Constructeur électricien, 8, rue Gambetta, à Besançon (Doubs).
- Miet** (Maurice), Directeur de l'Usine de la *Compagnie du Secteur électrique de la rive gauche de Paris*, 39, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Mildé** (Charles), Ingénieur électricien, 51, 60 et 62, rue Desrenaudes, à Paris.
- Minet** (Adolphe), Ingénieur, Chimiste électricien, 37, rue de Berne, à Paris.
- Minié** (Paul), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de Moulins*, à Moulins (Allier).
- Miroux** (Edmond), 102, boulevard Voltaire, à Paris.
- Mix** (Edgard-W.) Ingénieur, 12, boulevard des Invalides, à Paris.
- Moineau fils** (H.), Ingénieur, 22, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.
- Molera** (E.-J.), Ingénieur civil et Électricien, n° 850, Van Ness Avenue, à San Francisco (U. S. A.). M. F. M. P.
- Moll** (Charles), Directeur des Postes et des Télégraphes, à Épinal (Vosges). M. F.
- Monmerqué** (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 71, rue de Monceau, à Paris. M. P.
- Monnier** (D.), Ingénieur, Professeur d'Électricité industrielle à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 1, rue Appert, à Paris. M. F.
- Monthiers** (Maurice), Ex-Chef du Service de la Section française à l'Exposition universelle de 1889, 50, rue Ampère, à Paris. M. F.
- Montillot** (Philippe-Louis), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 75, avenue de la République, à Montrouge (Seine).

Montpellier (J.), Rédacteur en chef de l'*Électricien*, 12, rue des Rochers, à Clamart (Seine).

Morel (Henri), 50, rue de Sartrouville, à Argenteuil (Seine-et-Oise).

Morellet (Félix), 3, boulevard Henri IV, à Paris.

Moreno (O.), Directeur de la *Société nationale des Ateliers de Savigliano*, 40, via Venti Settembre, à Turin (Italie).

Morges, Chef de bataillon du Génie, Ministère de la Guerre, à Paris. M. F.

Mornat (Louis), Constructeur-Électricien, 56, boulevard Voltaire, à Paris.

Morris (Édouard), Ingénieur des Télégraphes, Chef du Service des Câbles sous-marins, à La Seyne (Var). M. F.

Mors (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue des Marronniers, à Paris. M. F.

Motte (Edmond-Eugène), Chimiste, 7, rue du Jambon, à Saint-Denis (Seine).

Mouchard (Lucien-Louis-Victor), Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Office postal tunisien, à Tunis (Tunisie).

Mouchel (J.-O.), Fabricant de cuivre pour télégraphie, 10, rue Commynes, à Paris. M. F.

Moulton (John-Fletcher), Q. C.; F. R. S., 57, Onslow square, London S. W. M. F. M. P.

Mourot, Chef de bureau, Service des Eaux (Hôtel-de-Ville), 4, avenue Victoria, à Paris.

Moussette (Charles-Édouard), 73, boulevard Suchet, à Paris. M. F.

Mustelier (François-Joseph), Ingénieur, au service de *MM. Amelin et Renaud*, 50, rue Étienne-Marcel, à Paris.

Naeyer et C^{ie} (de), à Willebrœck (Belgique). M. F.

Nansouty (Max-C. E. Champion de), Ingénieur civil, Directeur de la *Vie scientifique*, 10, rue Saint-Joseph, à Paris. M. F.

Nanta (Norbert), Opticien, 15, place du Pont-Neuf, à Paris. M. F.

Negreano (D.), Professeur à la Faculté des Sciences, Strada Popa Rudu, n° 17, à Bucarest (Roumanie).

Néron (Eugène), 15, avenue Hoche, à Paris.

Nerville (Ferdinand de), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris. M. P.

Neu (L.), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur conseil, Professeur d'Électricité pratique à l'*Institut industriel*, 60, rue Brûle-Maison, à Lille (Nord).

Neveux (Joseph-Marie-Victor), Ingénieur, 3, rue Saint-Martin, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).

Noblet (L.), Inspecteur principal du Service télégraphique à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 11, rue de Nanterre, à Asnières (Seine). M. F.

Noé (Charles-François), Constructeur d'instruments de Physique, 8, rue Berthollet, à Paris. M. F.

Nothomb (Lucien), Professeur à l'*École de Guerre*, brasserie du domaine de la Soye, à Géroville (Belgique).

Nouvelle (Georges), Ingénieur civil, 25, rue Brézin, à Paris. M. F.

Nugues (Léon-Auguste-Émile), Chef de Travaux à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 92, boulevard Richard-Lenoir, à Paris.

- Obach** (D^r Eugène), F. I. C., F. C. S., M. I. E. E., 113, Victoria Road, Old Charlton, Kent (Angleterre). M. F.
- O'Keenan** (Charles-Édouard), Chef du Laboratoire électrique de la *Compagnie parisienne de l'air comprimé*, 29, boulevard de Versailles, à Montretout, Saint-Cloud (Seine-et-Oise). M. F.
- Ouy**, Directeur des Postes et des Télégraphes, 25, rue de Loigny, à Orléans (Loiret). M. F.
- Paiva** (Adrien de), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto (Portugal). M. F. M. P.
- Papillon** (D^r), Professeur de clinique médicale, 8, rue Montalivet, à Paris. M. F. M. P.
- Parent** (C.), Ingénieur électricien, 1, rue du Saule-Fleuri, Ile Saint-Denis (Seine). M. F.
- Parent** (Louis), Architecte, 20, boulevard des Invalides, à Paris.
- Parisse** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Conseiller municipal de Paris, Conseiller général de la Seine, 49, rue Fontaine-au-Roi, à Paris. M. F.
- Parran** (Alphonse), ancien Président de la *Société géologique*, 56, rue des Saints-Pères, à Paris. M. F.
- Parsons** (Frederick-Jennigs), Sous-Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris.
- Parville** (H. de), Publiciste, Ingénieur Conseil, villa des Pins, Parc des Princes, à Boulogne-sur-Seine (Seine). M. F.
- Parvillée** (Achille), 29, rue Gauthey, à Paris.
- Parvillée** (Louis), 29, rue Gauthey, à Paris.
- Paszkowski** (Henri), Ingénieur, 165, rue de Rome, à Paris.
- Patin** (Octave), Ingénieur électricien, 3, rue du Château, à Puteaux (Seine). M. F.
- Paulin** (Charles), Ingénieur de la *Maison Bardon*, 11, rue Van-Loo, à Paris.
- Payrard** (Eugène), Constructeur électricien, à Grenoble (Isère).
- Pellat** (Henri), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris. M. F.
- Pellissier** (Georges), 16, rue Singer, à Paris.
- Perdu** fils, Constructeur, à Avallon (Yonne). M. F.
- Pereire** (Gustave), Administrateur des chemins de fer du Nord de l'Espagne, 35, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.
- Périn** (Louis), Ingénieur chimiste, 2, rue Guichard, à Paris.
- Pérot** (Alfred), Professeur de Physique industrielle à la Faculté des Sciences de Marseille, 119, boulevard Longchamp, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Pérouse** (Denis), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 40, quai de Billy, à Paris. M. F.
- Perreau** (François), Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Perrin** (A). Commis principal, Instructeur à l'École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes, 62, rue Mademoiselle, à Paris.
- Perrin** (Paul), Ingénieur, 52, rue Saint-Louis-en-l'Île, à Paris.
- Perrodil** (Charles-Marie-Antoine de), Ingénieur civil des Arts et Manufactures, Conseil, 16, rue Condorect, à Paris.

S.

- Pescetto** (Federico), Colonel du Génie militaire italien, Ingénieur électricien, Professeur à l'École d'application d'Artillerie et du Génie, à Turin (Italie). M. F.
- Pesselon** (Henri), Ingénieur en retraite de la *Compagnie P.-L.-M.*, Ingénieur de l'État, Chevalier de la Légion d'honneur, 8, rue de la Bibliothèque, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. F.
- Petsche** (Albert), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Société lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage*, 6, rue Le Peletier, à Paris.
- Petit** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du Service électrique chez *MM. Schneider et Cie*, 1, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Petit-Dupont**, Industriel, à Cambrai (Nord). M. F. M. P.
- Peyré** (Gaston), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones*, 39, rue du Faubourg-Saint-Martin, à Paris.
- Peyrot** (F.), 168, rue Saint-Honoré, à Paris. M. F. M. P.
- Peyrusson** (Édouard), Professeur de Chimie et de Toxicologie à l'École de Médecine et de Pharmacie de Limoges, 7, chemin du Petit-Tour, à Limoges (Haute-Vienne).
- Phasmann** (Auguste), Conseiller général de la Meuse, à Saint-Mihiel (Meuse).
- Piat** (Albert), 85, rue Saint-Maur, à Paris. M. F.
- Piaux** (Louis-Victor), Directeur technique de la *Cie française pour la pulvérisation des métaux*, 23, rue Demours, à Paris.
- Picard** (Alfred), 22, rue Vignon, à Paris. M. F.
- Picard** (Pierre), 15, rue Montbrun, à Paris. M. F.
- Pichery** (Lucien), Ingénieur, Propriétaire de l'Ardoisière *La Renaissance*, à Avrillé, par Angers (Maine-et-Loire).
- Picou** (Gustave), 123, rue de Paris, à Saint-Denis (Seine). M. F.
- Picou** (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Président de la Société internationale des Électriciens, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris. M. F.
- Pieper** (H.), Armurerie mécanique, à Liège (Belgique). M. F.
- Pignier** (Paul), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 5, rue Clapeyron, à Paris.
- Pilleux** (Ludovic), Électricien, 79, rue Claude-Bernard, à Paris. M. F.
- Piltchikoff** (Nicolas), Professeur de Physique à l'Université impériale d'Odessa, à Odessa (Russie). M. P.
- Pinel-Peschardière** (M.), Contrôleur des Télégraphes de la *Cie Paris-Lyon-Méditerranée*, 10, rue de Lyon, à Paris.
- Pirani** (Emile), Docteur ès Sciences, Ingénieur principal de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, 8 bis, rue Alexandre-Lange, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Place** (Henri de), Ingénieur, Directeur de la *Société anonyme des Houillères de Rochebelle*, au château de Rochebelle, à Alais (Gard). M. F.
- Planchon** (François-Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 99, rue Caulaincourt, à Paris.
- Poincaré** (Lucien), Docteur ès Sciences, Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris, 17, rue d'Assas, à Paris.
- Poinsot** (P.), Directeur, Président, Professeur honoraire de l'École dentaire de Paris, Chef du Service dentaire de l'Asile clinique Sainte-Anne, 184, rue de Rivoli, à Paris.
- Poirier** (Marius), Représentant de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 61, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.

- Polignac** (prince Camille de), 24, Charles street Berkeley square, à Londres (Angleterre). M. F. M. P.
- Pollak** (Charles-François), Directeur de *Accumulatoren-Werke*, système Pollak, 253, Mainzer Lanstrasse, à Francfort s/Mein (Allemagne).
- Pollard** (Jules), Ingénieur de la Marine, 28, rue Bassano, à Paris.
- Polonceau** (Gustave-Ernest), Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la *Compagnie des chemins de fer d'Orléans*, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils*, 55, rue de Verneuil, à Paris.
- Pomey** (Jean-Baptiste), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, 33, rue de Coulmiers, à Paris.
- Ponciano** (J.-F.), Ingénieur électricien, Surintendant des Télégraphes de la République de Guatemala, à Guatemala (Amérique centrale).
- Porcher-Labreuil** (E.), 91, boulevard Arago, à Paris.
- Porgès** (Charles), Président de la *Compagnie continentale Edison*, 25, rue de Berri à Paris. M. F.
- Porte** (L.), 9, rue Ancelle, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. F.
- Postel-Vinay** (A.), Constructeur électricien, 41, rue des Volontaires, à Paris. M. F.
- Potier** (A.), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École Polytechnique et à l'École des Mines, Membre de l'Institut, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris. M. F.
- Potron** (Eug.), Fabricant d'appareils d'éclairage, 10, rue Oberkampf, à Paris.
- Poulenc** (Camille), Docteur ès Sciences, 92, rue Vieille-du-Temple, à Paris.
- Poussin** (Alexandre), 7, rue Henri-Barbet, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Preece** (William-Henry), C. B., F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey (Angleterre). M. I.
- Prève** (Laurent), 2, rue Dante, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.
- Priestley** (Charles-Marie-Édouard), ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur-Constructeur de la *Maison Vedovelli et Priestley*, 160, rue Saint-Charles, à Paris.
- Proctor** (C.-Faraday), M. I. E. E., Ingénieur, Directeur de la fabrication des instruments et appareils électriques à la *Edison and Swan united Electric Light Co. Limited*, Bedford Villas, Enfield (Angleterre).
- Provensal**, Lieutenant de vaisseau, 18, place d'Armes, à Toulon (Var).
-
- Rabut** (Charles), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur attaché au Service central de l'entretien et de la surveillance de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 77, rue Duplessis, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Radcliff** (William), Saint-Héliers, Torquay (Angleterre). M. F.
- Radiguet**, Constructeur-Électricien, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.
- Radisson** (Raymond), Affineur de métaux précieux, 7, rue de la Préfecture, à Lyon (Rhône). M. F.
- Raïf-Effendi**, Conseiller adjoint technique et Directeur de la Fabrique des Télégraphes, à Constantinople (Turquie).
- Rambeaud** (René), 4, Grando-Rue, à Parthenay (Deux-Sèvres). M. F.
- Ranque** (Dr P.), Membre de la *Société française de Physique*, 13, rue Champollion, à Paris. M. F.
- Raoul-Duval** (Réné), Ingénieur des Mines, 107, rue de la Pompe, à Paris.

- Rabux** (Léon), Ingénieur, Directeur de la *Société suisse d'Électricité*, à Lausanne (Suisse). M. F.
- Rau** (Louis), Administrateur délégué de la *Compagnie continentale Edison*, 7, rue Montchanin, à Paris. M. F.
- Raveau** (Camille), Préparateur à la Sorbonne, Répétiteur à l'*Institut national agronomique*, 5, rue des Écoles, à Paris.
- Raymond** (L.), Administrateur des Postes et des Télégraphes, 87, boulevard de Courcelles, à Paris.
- Rechniewski** (W.-C.), Ingénieur, 11, rue Lagrange, à Paris.
- Reclus** (Pierre-Victor), Horloger électricien constructeur, 114, rue de Turenne, à Paris.
- Reichel** (Nicolas de), Ingénieur technologue, Chef d'Éclairage électrique et d'Usine galvanoplastique dans l'*Expédition impériale pour la confection des papiers de l'État*, 144, quai Fontanka, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Rémon** (Olivier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur chez *MM. Schneider et Cie*, 1, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Rémon-Casas** (Lucien), Ingénieur civil, 261, boulevard Pereire, à Paris.
- Rémond** (Maurice), Avocat à la Cour de Paris, 11, quai d'Orsay, à Paris.
- Renard** (Lucien), Ingénieur-chef du Service technique à la *Société anonyme d'Électricité Bouckaert et Cie*, 82, rue Laeken, à Bruxelles (Belgique).
- Renous** (Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la Station centrale des *Chartrons-Bacalan*, 99, cours Balguerie-Stuttenberg, à Bordeaux (Gironde).
- Réveilhac** (Jean), 3, avenue de la République, à Paris.
- Revel** (Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur au Service de la *Compagnie générale des Omnibus*, 75, avenue Gambetta, à Paris.
- Rey** (Jean-Alexandre), Ingénieur civil des Mines, 18, avenue de la Bourdonnais, à Paris.
- Rey** (L.), Ingénieur, 77, boulevard Exelmans, à Paris-Auteuil. M. F. M. P.
- Reynier** (André), Ingénieur électricien, attaché à la *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, 4, place d'Anvers, à Paris.
- Rhoné** (Jean-Léon), Ingénieur au Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 10, rue du Pré-aux-Cleres, à Paris.
- Ribard** (Dr Élisée), 3, rue Pergolèse, à Paris.
- Ribiére** (Charles), Ingénieur en chef du Service central des Phares, 13, rue de Siam, à Paris. M. P.
- Richard** (Félix-Maxime), Ingénieur-Constructeur, 10, rue Théophile-Gautier, à Paris.
- Richard** (Gustave), Agent général de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 44, rue de Rennes, à Paris.
- Richard** (Jules), Ingénieur-Constructeur, 8, impasse Fessart, à Paris.
- Richemond** (Pierre), Ingénieur des Arts et Manufactures, de la *Société des Établissements Weyher et Richemond*, 50, rue d'Aubervilliers, à Pantin (Seine).
- Ridel** (Adrien-Lucien), Électricien, 6, rue du Paradis, à Lisieux (Calvados).
- Rilliet** (Albert), Professeur de Physique à l'Université de Genève, 16, rue Bellot, à Genève (Suisse). M. F.
- Riolé** (Marius), Ingénieur civil, à Romans (Drôme). M. F.
- Ritter** (Gaston), Électricien, 7, rue Lamandé, à Paris.
- Riva** (Benito de la), Ingénieur électricien, Chef de la *Station centrale d'Électricité de la ville d'Hasparren*, à Hasparren (Basses-Pyrénées).

- Robard** (René), Ingénieur, Administrateur délégué de la *Société l'Éclairage électrique*, 25, rue de Moscou, à Paris.
- Robert** (Alexandre-Charlemagne), Ingénieur des Arts et Manufactures, 14, rue Hambourg, à Paris.
- Rodary** (Ferdinand), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur du Service télégraphique au *Chemin de fer P.-L.-M.*, 53, rue de Vaugirard, à Paris. M. F. M. P.
- Rodocanachi** (Emmanuel), 54, rue de Lisbonne, à Paris. M. F. M. P.
- Roger** (Joseph), Chef d'Institution, 7, rue Faustin-Hélie, à Paris. M. F.
- Rolando** (G.-P.), Électricien, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 19, rue de l'Étrieu, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Romilly (de)**, ancien Président de la *Société française de Physique*, 25, avenue de Montaigne, à Paris. M. P.
- Rossel** (Charles-Frédéric), Sous-directeur de la *Société anonyme des automobiles Peugeot*, à Audricourt, Constructeur des bobines d'induction et d'appareils pour l'allumage électrique des moteurs à gaz et au pétrole, 35, place Saint-Martin, à Montbéliard (Doubs).
- Rothschild** (baron Alphonse de), 2, rue Saint-Florentin, à Paris. M. F. M. P.
- Rothschild** (baron Edmond de), 21, rue Laffitte, à Paris. M. F. M. P.
- Rothschild** (baron Gustave de), 23, avenue Marigny, à Paris. M. F. M. P.
- Rouart** (Alexis), Constructeur mécanicien, 36, rue de Lisbonne, à Paris. M. F.
- Rouma** (Auguste), Ancien Ingénieur de la *Maison Leclanché et C^{ie}*, 62, rue du Vert-Bois, à Liège (Belgique).
- Rousseau** (E.), Professeur à l'Université libre et à l'École militaire, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Rousseau** (Olivier), de la *Maison Rousseau, J. Lecoq et Mathieu*, 47, avenue Victor-Hugo, à Paris.
- Roussel** (Maurice-Charles), Ingénieur à la *Société industrielle des Téléphones*, 19, avenue Henri-Regnault, à Sèvres.
- Roustan** (Bienvenu), Directeur de la Station électrique de Perpignan, 4, cité Bartissol, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).
- Routin** (Joseph-Louis), Ingénieur, Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur à la *Société lyonnaise des forces motrices du Rhône*, expert près le Tribunal de Lyon, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Roux** (Gaston), Directeur du *Bureau de contrôle des installations électriques*, 51, rue de Dunkerque, à Paris.
- Ruelle** (Adrien-Jules-Victor), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur de l'Exploitation de la *Compagnie du chemin de fer P.-L.-M.*, 20, boulevard Diderot, à Paris.
- Rufz de Lavison (de)**, 42, boulevard Maillot, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. P.
- Rühlmann** (Moritz-Richard), Professeur, recteur Rgliche Realgymnasium, à Doebeln (Allemagne).
- Sabine** (Alfred), Secrétaire général de la *Société Siemens and C^o*, 12, Queen-Anne's gate, London S. W. (Angleterre).
- Sabourain** (J.-A.), Inspecteur des Télégraphes, Secrétaire du Comité d'Administration de la *Société internationale des Électriciens*, 42 bis, rue du Four, à Paris. M. F.
- Sabouret**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal de la Voie et

- des Travaux à la *Compagnie du chemin de fer d'Orléans*, 132, rue de Rennes, à Paris.
- Sacquet** (Edmond), Ingénieur électricien de la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 15, rue Singer, à Paris.
- Sageret** (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, boulevard des Invalides, à Paris.
- Saint-Léger** (Jean-Maurice de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie des Eaux et du Gaz* de Rostoff-sur-Don (Russie), 18, rue Marbeuf, à Paris.
- Saladin** (E.), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur conseil, Junction City, Trinity county (California). M. F.
- Salomons** (Sir David), M. A. Broomhill, Tunbrige Wells (Angleterre).
- Salva** (D^r Louis), à Agde (Hérault). M. F.
- Santerre**, 5, quai Malaquais, à Paris.
- Sarcia** (Jules), Ingénieur à la *Compagnie générale de traction et d'électricité*, 72, rue de Paris, à Enghien (Seine-et-Oise).
- Sartiaux** (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation à la *Compagnie des chemins de fer du Nord*, 40, boulevard de Courcelles, à Paris.
- Sartiaux** (Eugène), Ingénieur, Chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord*, Président de l'*Association amicale des Ingénieurs-Électriciens*, Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*, 48, rue de Dunkerque, à Paris. M. F.
- Sautter** (Gaston), Ingénieur constructeur, 26, avenue de Suffren, à Paris.
- Savary-Duclos** (Xavier), Docteur en Médecine, à Alençon (Orne). M. F.
- Savatier** (Lucien), Ingénieur des *Forges et Chantiers de la Méditerranée*, Ingénieur des Arts et Manufactures, à La Seyne (Var).
- Schabaver** (François), Constructeur mécanicien, Chevalier de la Légion d'honneur, à Castres (Tarn). M. F.
- Scheffler** (André), Électricien, 58, quai Vendœuvre, à Caen (Calvados).
- Schœn** (Jean-Auguste), Ingénieur, 22, rue Margnolles, à Caluire-et-Cuire (Rhône).
- Schœnstein** (Ignace), Ingénieur, 44, rue de La Bruyère, à Paris.
- Schwedoff** (Théodore), Recteur de l'Université d'Odessa, à Odessa (Russie).
- Schwarberg** (Eugène-Gustave), Directeur de la *Compagnie Electro-Mécanique*, 11, avenue Trudaine, à Paris.
- Sciana** (Gaston), Directeur de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris. M. F.
- Scrive** (Gustave), 90, rue Royale, à Lille (Nord). M. F.
- Sebert** (le Général H.), Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris. M. F. M. P.
- Seguela** (Raymond), 24, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris. M. F.
- Séguin** (Léon), Directeur de la *Société d'Éclairage par le Gaz et par l'Électricité*, au Mans (Sarthe).
- Seiler** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Martel, à Paris.
- Selby-Bigge** (Davis-Lewis), Ingénieur électricien, 27, Grey Street, à Newcastle-on-Tyne (Angleterre).
- Seligmann-Lui** (G.-P.), Ingénieur des Télégraphes, 6, rue Daubigny, à Paris. M. F. M. P.
- Sellier** (Léon), Capitaine de frégate, 18, rue Peirese, à Toulon (Var). M. F. M. P.
- Sellon** (John, Scudamore), 78, Hatton garden, London E. C. (Angleterre). M. F. M. P.

- Semmola** (Eugène), Sous-Directeur de l'observatoire du Vésuve, Professeur de Physique à l'*Institut technique de Naples*, 6, rue Trinita Maggiore, à Naples (Italie).
- Senet** (Eugène-Étienne), Chimiste négociant, 24, rue Louis-le-Grand, à Paris.
- Serrell** (Ed.), à Chabeuil (Drôme).
- Serrin** (Henri-Georges-Charles), Ingénieur-électricien, 13, boulevard du Temple, à Paris.
- Seure** (D^r Jules-Nicolas), 4, rue Saint-Louis, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
M. F.
- Simon** (P.), Ingénieur, 14, rue Dailly, à Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
- Simonot** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur du bureau de vente auxiliaire pour les applications de l'Électricité, 9, rue du Château-d'Eau, à Paris.
- Simpson** (Geo. P.), B. ès S., Électricien, M. I. E. E., Managing Director the *Doherty Iron Castings Limited Co*, 32, Victoria street, Westminster, London S. W. (Angleterre).
M. F. M. P.
- Sir** (René), Ingénieur électricien, 17, boulevard de Strasbourg, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Siry** (Étienne), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.
- Snijders** (J.-A.), C. J. ZN., Professeur d'Électrotechnique à l'École Polytechnique de Delft, 65, Voorstraat, à Delft (Pays-Bas).
- Société anonyme des Manufactures des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey**, Direction générale des Glaceries, 9, rue Sainte-Cécile, à Paris.
- Société centrale d'Électricité** (Pulsford, Triquet et C^{ie}), 10, rue Taitbout, à Paris.
- Société l'Éclairage électrique**, 27, rue de Rome, à Paris.
- Soleau** (Eugène), fabricant de Bronzes d'art, Vice-Président de la *Réunion des Fabricants de Bronzes*, 127, rue de Turenne, à Paris.
- Solignac**, 28, rue Saint-Lazare, à Paris.
- Solvay** (Ernest), Industriel, 34, rue du Prince-Royal, à Bruxelles (Belgique).
M. F.
- Solvay et C^{ie}**, à Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle).
M. F.
- Somzée** (Léon), Ingénieur honoraire des Mines, Membre de la Chambre des Représentants, 22, rue des Palais, à Bruxelles (Belgique).
- Sordoillet** (Pierre), Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, 9, rue Edgar-Quinet, à Montrouge (Seine).
- Sosnowski** (K.), Ingénieur civil, Administrateur-Directeur de la *Société de Laval*, 13, rue Clément-Marot, à Paris.
- Souchier** (F.), Électricien de la *Société d'électricité Souchier et C^{ie}*, 4, rue des Récollettes, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
M. F.
- Stahl** (J.), Ingénieur attaché aux *établissements Lazare Weiller et C^{ie}*, à Angoulême (Charente).
M. F.
- Stahl** (Paul-Théodore-Waldemar), Ingénieur aux *Usines du Creusot*, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Stapfer** (D.), Ingénieur E. C., Constructeur de machines, boulevard de la Major, à Marseille-Joliette (Bouches-du-Rhône).
M. F. M. P.
- Stepanow** (Sorge), Rédacteur en chef de l'*Électricité russe*, 4, rue Nicolawskaïa, à Saint-Pétersbourg (Russie).
M. F.

Stieffel (Jacques), Chef d'atelier du Service électrique (maison Breguet), 5, rue Sophie-Germain, à Paris.

Stone (W.-H.), Foreign Secretary, Department of Communications, à Tokio (Japon).
M. F.

Street (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Expert près les Tribunaux et le Conseil de préfecture du département de la Seine, 60, boulevard Haussmann, à Paris.

Stroh (A.), B. A., 98, Haverstock Hill, London, N. (Angleterre).
M. F.

Szarvady (Géza), Ingénieur, Répétiteur des cours d'Électricité à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 21, rue du Mont-Thabor, à Paris.

Taboury (Pierre-Alfred), Ingénieur électricien, ancien Chef des travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 10, rue Ernest-Renan, à Paris.

Tachard (André-Pierre), Représentant à Paris du Service électrique de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, 7, rue Drouot, à Paris.

Taddei (Girolamo), Ingénieur électricien, 3, Piazza S. Pantaleo, à Rome (Italie).

Tainturier (Camillo), Ingénieur des Arts et Manufactures, 138, boulevard de Clichy, à Paris.

Tallerie (Lucien-Robert-Valère), Ingénieur, 7 bis, boulevard Rochechouart, à Paris.

Tanner (Auguste-Martin), Chef du Bureau des Brevets de la *General Electric Co*, 27, rue de Londres, à Paris.

Tardy de Montravel (Félix-Joachim), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie d'électricité et d'air comprimé*, impasse du Jeu-de-Ballon, à Montpellier (Hérault).

Tartary (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Compagnie française des Voies ferrées économiques*, 3, rue Lafayette, à Paris.

Tassart (Charles-Louis), Directeur de la *Raffinerie Paul Paix et Cie*, à Courchelettes, près Douai (Nord).

Tcholitch (Stefan), Ingénieur au Ministère des Travaux publics de Serbie, ancien Élève de l'École des Ponts et Chaussées, à Belgrade (Serbie).

Tedesco (N. de), Ingénieur de la *Société des Ciments Armés*, 60, rue de la Victoire, à Paris.
M. F.

Tenicheff (Prince), 52, rue de Bassano, à Paris.

Terquem (Émile), Libraire, Commissionnaire pour publications américaines et anglaises, 31 bis, boulevard Haussmann, à Paris.
M. F.

Tesla (Nikola), Ingénieur électricien, hotel Gerbach, 45 W, 27 Street, à New-York (États-Unis).

Tessier (Jules), Officier d'Académie, ancien Directeur général des établissements Ménier, *Caoutchoucs, Câbles*, ancien Directeur général des usines Ménier, Rattier, *Société industrielle des Téléphones*, 8, avenue du Square, villa Montmorency, à Paris.

Thenard (le baron), Chimiste électricien, 6, place Saint-Sulpice, à Paris.

Thévenard (Auguste), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, chargé de la direction de l'Usine centrale du Palais-Royal, 1, rue de Valois, à Paris.
M. F.

Thibaudreau (Paul-Marie-Joseph), Chef de la canalisation du secteur, *Compagnie continentale Edison*, 19, rue d'Orsel, à Paris.

Thiercelin (Pierre), Directeur du *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 174, rue Lafayette, à Paris.
M. F.

- Thirion** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 95, boulevard Beaumarchais, à Paris.
- Thomas** (Hippolyte), Ingénieur des Télégraphes, 44, rue Vaneau, à Paris.
- Thompson** (Professor Sylvanus-P.), F. R. A. S.; B. A.; Morland Chrislett Road West Hampstead, London. N. W. (Angleterre).
- Thomson** (Elihu), Electrician with *general Electric and Thomson Houston Electric Co*, à Swampscott, Mass. (États-Unis).
- Thouroude** (Eugène), Inspecteur des Domaines nationaux, 10, rue Bastiat, à Paris. M. F.
- Thurnauer** (Ernst), Ingénieur, Directeur de la *Thomson Houston international Electric Co*, 27, rue de Londres, à Paris.
- Tillot** (Maurice), Ingénieur, 60, rue du Four, à Paris.
- Tison** (D^r Édouard), 137, rue de Rennes, à Paris. M. F.
- Tissandier** (Gaston), 50, rue de Châteaudun, à Paris. M. F.
- Tobler** (Adolphe), Professeur à l'École Polytechnique suisse, Capitaine d'artillerie, Chef électricien des forts du Gothard, Winklerwiese, 4, à Zurich (Suisse).
- Tonnart** (André-Joseph), Directeur des ateliers de la *Société Le Carbone*, 69, rue de Courcelles, à Levallois-Perret (Seine).
- Touanne (de la)**, Ingénieur des Télégraphes, 8, rue de Tourmon, à Paris. M. P.
- Toulon** (Paul-Donat), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 36, avenue du Maine, à Paris.
- Toupot** (l'abbé J.-E.), Professeur, École Fénelon, à Bar-le-Duc (Meuse).
- Trépied** (Charles), Directeur de l'Observatoire, à Bouzaréa (Algérie). M. F.
- Tresca** (Gustave), Ingénieur-adjoint au Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.
- Tripier** (D^r A.), 41, rue Cambon, à Paris. M. F.
- Tripier** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à la *Compagnie des transports électriques de l'Exposition*, 16, rue Ganneron, à Paris.
- Troost** (L.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, 84, rue Bonaparte, à Paris. M. F.
- Trouvé** (Gustave), Ingénieur électricien, 14, rue Vivienne, à Paris. M. F.
- Tuck** (William), District superintendent *Eastern Telegraph Co*, à Suez (Égypte). M. F.
- Tunzelmann** (George-Villiam de), Principal Electric and general Engineering College, 2, Pennywern Road, Earls Court, London S. W. (Angleterre).
- Turbiaux** (Paul), Électricien, 35, rue de Soissons, à Bordeaux (Gironde).
- Turrettini** (Théodore), Ingénieur, Président du Conseil administratif de la ville de Genève, Directeur de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de Physique*, à Genève (Suisse).
- .
- Ullmann** (Jacques), Constructeur électricien, 16, boulevard Saint-Denis, à Paris.
- Urech** (Henri), 24, quai de la Fontanka, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Uzel** (Pierre), Électricien, *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 39, rue Vital, à Paris.

- Vagniez** (Bénoni), 14, rue Lemer cier, à Amiens (Somme). M. F. M. P.
- Vaillant fils** (A.), Concessionnaire et Directeur de la *Station d'électricité de Barjols*, à Barjols (Var).

- Vallance** (Théophile), Directeur des Postes et Télégraphes de la Nièvre, à Nevers.
- Valton** (Henry), Ingénieur, Sous-chef du Service des Machines à la *Compagnie du chemin de fer d'Orléans*, 10, rue de La Trémoille, à Paris.
- Vandeveld** (Henri) Ingénieur de l'Institut industriel du Nord, attaché aux *Établissements Postel-Finay*, 1, place Pereire, à Paris.
- Vaschy** (A.), Ingénieur des Télégraphes, Examinateur d'admission à l'École Polytechnique, 68, avenue Bosquet, à Paris. M. P.
- Vasconcellos** (E. de), Ingénieur hydrographe, 22, rue Santa-Anna-à-Lapa, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Vasesco** (Démètre), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 45, rue de l'Université, à Liège (Belgique).
- Vaucheret** (Amédée), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue Stanislas, à Paris.
- Vaudrez** (Paul-Virgile), Ingénieur-Constructeur électricien, 212, rue Lafayette, à Paris.
- Vedovelli** (Edouard), Ingénieur-Constructeur, 160 et 162, rue Saint-Charles, à Paris.
- Vène** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 17, rue Henri IV, à Bordeaux (Gironde).
- Verdoux** (J.), Négociant, 482, Grande Rue de Péra, à Constantinople (Turquie).
- Vernes** (Amédée), Ingénieur, 61, rue Caumartin, à Paris.
- Vernier** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur électricien, *Maison L. Beutier et Ch. Fernier*, 37, rue Sédaine, à Paris.
- Véry** (Hector), Ingénieur, 40, boulevard de Strasbourg, à Paris.
- Vial** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des mines de Mercadal, par Torrelavega, province de Santander (Espagne). M. F. M. P.
- Vial** (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur d'instruments d'Optique 59, rue Caulaincourt, à Paris. M. F.
- Vicarino** (Charles-Auguste). Administrateur délégué de la *Compagnie générale électrique*, 33, rue Oberlin, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Victor** (Emmanuel). Ingénieur électricien, Chef du service électrique à l'Usine à gaz de Reims (Marne). M. F.
- Viégas** (Dr Antonio dos Santos), à Coïmbra (Portugal). M. F.
- Vignerot** (Eugène-Jules), ancien Professeur à l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur à la *Compagnie générale des Omnibus*, 7, rue Lagrange, à Paris.
- Vigouroux** (Dr Romain), Médecin de l'Institut municipal d'Électrothérapie à la Salpêtrière, 22, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris. M. F.
- Villard** (Th.), Président de la *Société centrale du travail professionnel*, 138, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Vincens** (Ernest), Ingénieur civil des Mines, 27, avenue de l'Alma, à Paris.
- Violet** (Léon), Ingénieur, Directeur des ateliers *J. Carpentier*, Trésorier de la *Société internationale des Électriciens*, 20, rue Delambre, à Paris. M. F.
- Violle** (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris. M. F.
- Vivarez** (Henry), Ingénieur civil des Mines, 12, rue de Berne, à Paris. M. F.
- Vives** (Dr Guillermo), Médecin-Oculiste, à Ponce (Ile de Porto-Rico). M. F. M. P.
- Vivès-y-Navaro** (Dr Carlos), Rambla de Cataluña, 27 bis 3°, à Barcelone (Espagne). M. P.

Vlassis (Léonidas), Inspecteur des Travaux publics, 11, rue Voulgari, à Athènes (Grèce).

Vlasto (Ernest), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*, 7, rue Lamennais, à Paris.

Vloten (Frank van), Ingénieur, à Grœnweld, près de Nunspeet (Pays-Bas). M. P.

Voisenat (Jules), Ingénieur des Télégraphes, 74, boulevard du Montparnasse, à Paris.

Vuilleumier (C.), Ingénieur électricien, 111, rue de la Folie-Méricourt, à Paris.

Walckenaer (Charles), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris.

Wallut (Raymond), 217, rue Lafayette, à Paris.

Waridel (Paul), Ingénieur électricien, aux Chemins de fer orientaux, à Constantinople (Turquie).

Waterhouse (Laurence-Maxwell), A. M. Inst. E. E., Manager and Engineer *The simpler steel conduit*, Cold Coventry street, Birmingham (Angleterre).

Weaver (W.-D.), Ingénieur électricien, 7, West, 26 street, à New-York (U.S.A.).

Webber (le Major-Général C.-E.), C. B., Consulting and Electrical Engineer, 27, Chancery Lane, à London W. C. (Angleterre). M. F.

Weber (Dr H.-F.), Professeur, à Neumünster (Suisse). M. F.

Weill (Horace), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 58 bis, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.

Weiller (Lazare), Ingénieur manufacturier, 40, rue de Monceau, à Paris. M. F.

Weissenbruch (L.), Ingénieur au Ministère des Chemins de fer, 45, rue du Poinçon, à Bruxelles (Belgique). M. F.

Wibratte (H.-D.), Ingénieur électricien, Constructeur, 45, rue des Tourneurs, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.

Wiedemann (Dr G.), Professeur de l'Université, à Leipzig (Allemagne). M. F.

Williot (Victor), Chef du Service technique à la Direction des Travaux de Paris, 56 rue de la Fédération, à Montreuil-sous-Bois (Seine). M. F.

Willot, Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris. M. F.

Winter (G.-K.), F. R. A. S., M. Inst. C. E., M. I. E. E., Telegraph Engineer and Electrician Madras Railway, à Arkonum, près Madras (Indes orientales). M. F. M. P.

Witzig (Augustin), Ingénieur attaché à la maison *Sautter, Harlé et Cie*, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 86, rue de Monceau, à Paris.

Worms (Eugène), Électricien, 56, rue de la Victoire, à Paris.

Worms (Henri-Jean-Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, à la *Société Le Carbone*, 12, rue de Lorraine, à Levallois-Perret (Seine).

Worth (Fredrick-G.), Whitehall Club, Parliament street, London S. W. (Angleterre).

Wuilleumier (Henri), Ingénieur, 22 bis, rue Chaptal, à Paris.

Xifra (Narciso), Ingénieur électricien, à Gérone (Espagne).

M. P.

Zenger (Ch.-V.), Membre de l'Académie des Sciences de l'Empereur François-Joseph I,

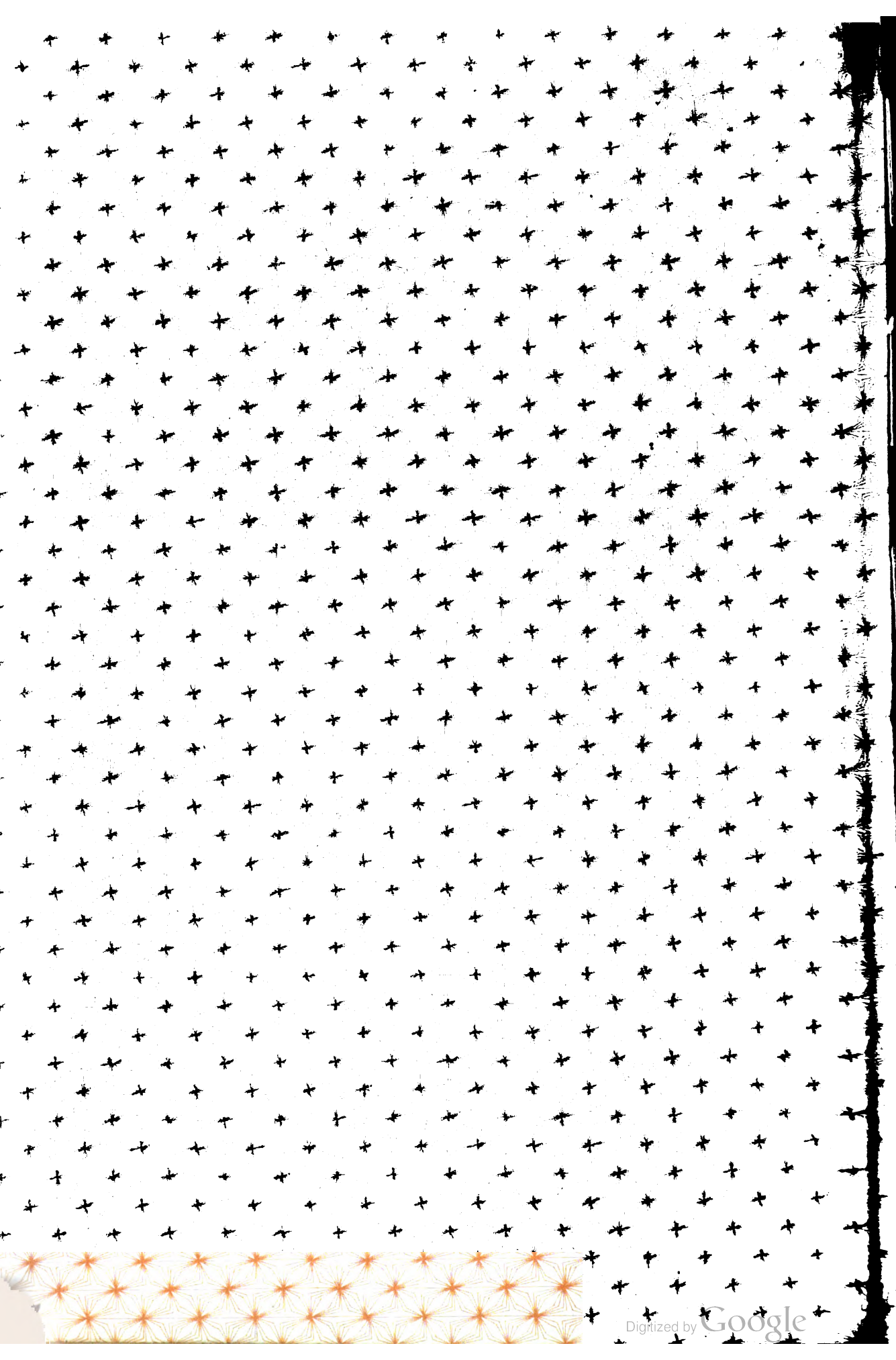
Professeur à l'École Polytechnique slave, rue du Belvédère 18, III, à Prague (Autriche).

M. F.

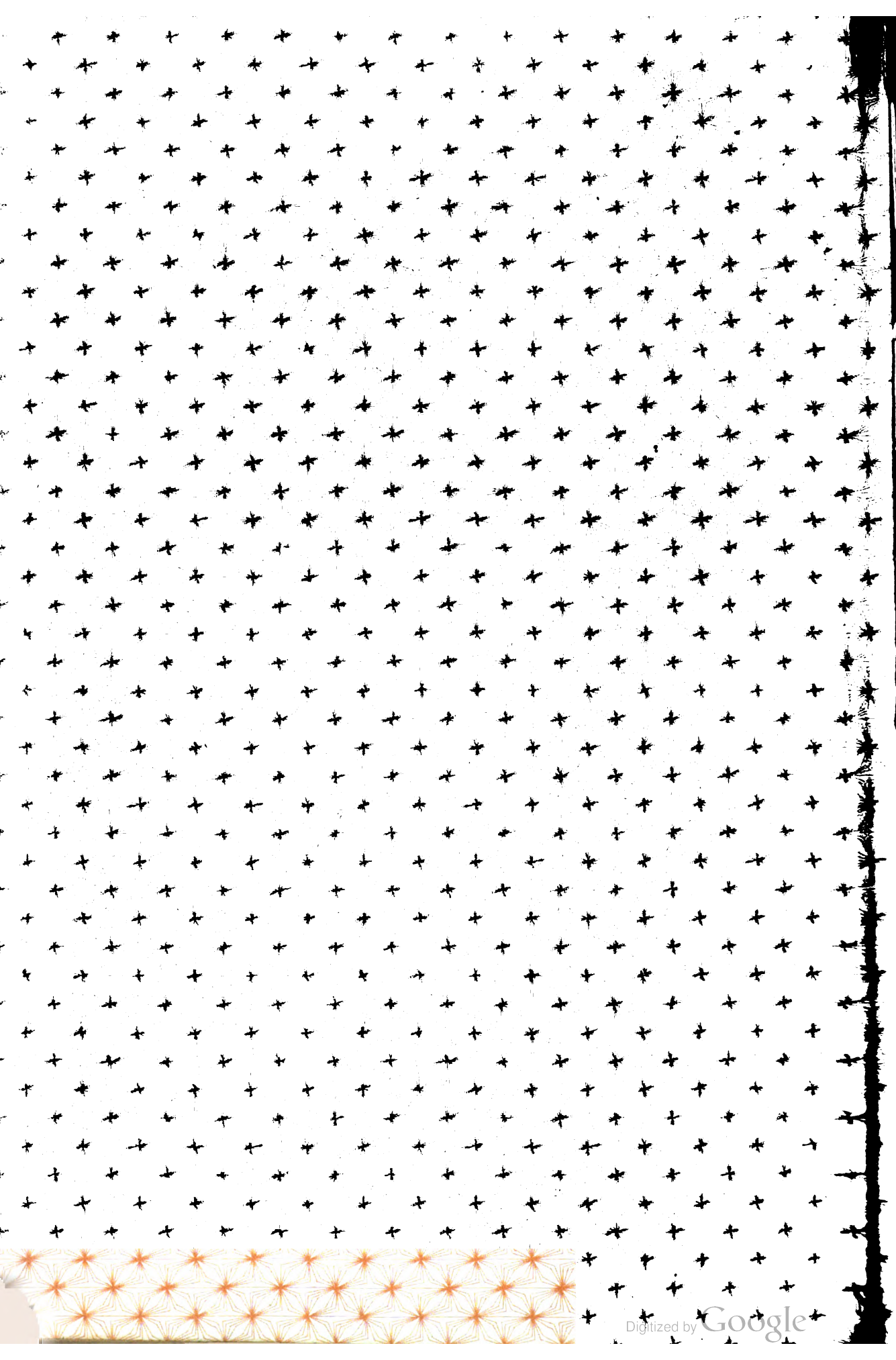
Zetter (Charles), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie française d'Appareillage électrique*, 49, rue de Maubeuge, à Paris.

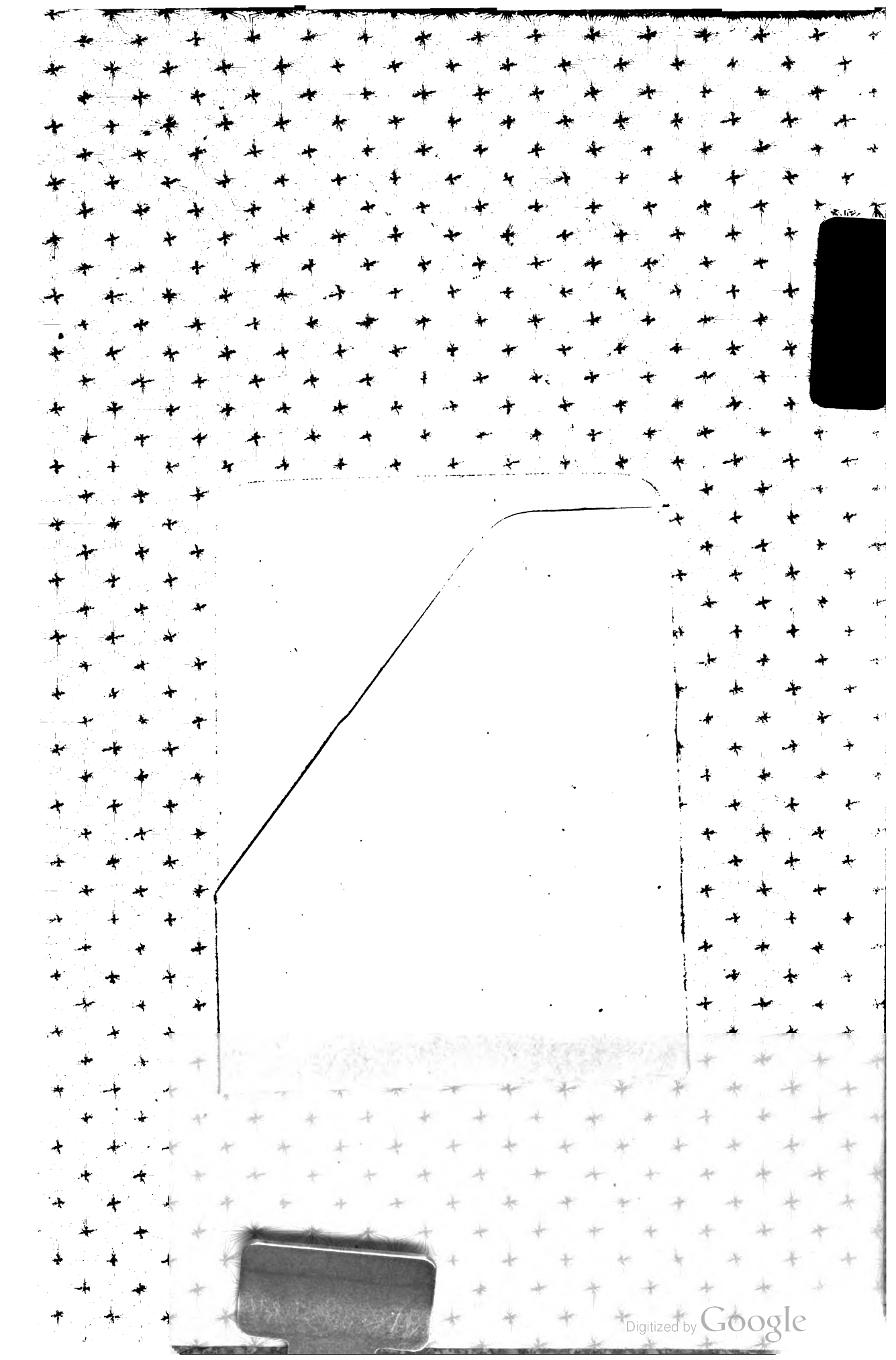
Ziffer (Emanuel-A.), Ingénieur civil, Président des *Chemins de fer Lemberg-Czernewitz-Jassy* et des *Chemins de fer Lemberg-Betzée* (Tomaszo'w) 1 Giselastrasse, 9, à Wien (Autriche).

Zweifel (Gaspard), Ingénieur électricien à la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, à Belfort (territoire de Belfort).









UNIVERSITY OF MINNESOTA
sci, pere t. 15

Soci et e internationale des electricie
Bulletin de la Soci et e internationale



3 1951 000 874 722 T

Minnesota Library Access Center



9 ZA R02 D19 S04 TD 0